



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2020년 8월

석사학위 논문

정부의 원자력정책 변화와
원전지역의 대응 전략에 대한 제언

조선대학교 대학원

원자력공학과

최 원 백

정부의 원자력정책 변화와 원전지역의 대응 전략에 대한 제언

Suggestions on the Government's Changes of Nuclear Policy
and Response Strategies for Nuclear Power Plants

2020년 8월 28일

조선대학교 대학원

원자력공학과

최 원 백

정부의 원자력정책 변화와 원전지역의 대응 전략에 대한 제언

지도교수 송 종 순

이 논문을 원자력공학 석사학위신청 논문으로 제출함.

2020년 05 월

조선대학교 대학원
원자력공학과
최 원 백

최원백의 석사학위 논문을 인준함.

위원장	조선대학교	교수	나 만 균	(인)
위 원	조선대학교	교수	김 진 원	(인)
위 원	조선대학교	교수	송 종 순	(인)

2020년 06 월

조선대학교 대학원

ABSTRACT	1
제1장 서론	4
제1절 정부의 에너지전환 정책	4
1. 에너지 패러다임의 변화	4
2. 재생에너지 보급 확대 계획	6
3. 제8차 전력수급기본계획	9
제2장 본론	12
제1절 주요국의 에너지전환 정책 동향	12
1. 미국	12
2. 독일	14
3. 중국	15
4. 일본	18
제2절 에너지전환 정책에 따른 원자력 발전의 역할	20
1. 국내 에너지 공급과 소비 현황	20
2. 재생에너지 확대 정책의 현안	22
3. 에너지전환 정책에 따른 원자력 발전의 역할	24
제3절 원전지역의 원자력산업 현황	27
1. 경상북도 현황	27
가. 원자력 산업시설의 현황	27
나. 정부의 원자력정책에 따른 경북의 영향	32
2. 전라남도 현황	37
가. 원자력 산업시설의 현황	37
나. 정부의 원자력정책에 따른 전남의 영향	37
제4절 지역별 대응 전략 제언	37
1. 경상북도	37
가. 원자력 안전성 확보를 위한 기술 R&D 집적단지 조성	38

나. 장기적 차원의 에너지 분권화와 전력시장 자유화 등 제도개선	41
다. 원자력산업 플랫폼 구축을 통한 원자력클러스터 완성	43
2. 전라남도	45
3. 사용후핵연료 관리방안	45
가. 국내 사용후핵연료 중간저장시설 및 포화도	45
나. 사용후핵연료 관리 기본계획을 토대로 가능한 중단기 시나리오 도출	48
다. 사용후핵연료 수송 및 건식저장 방안 제시	52
 제3장 결론	 57
 참고문헌	 59

표 목차

표 1. 「에너지전환 로드맵」 주요 내용 및 세부 방안	9
표 2. 연도별 확정 설비용량 전망	13
표 3. 발전량 비중 전망	14
표 4. 에너지발전 13.5계획 (2016 ~ 2020년 목표)	18
표 5. 주요 원자력관련 시설	31
표 6. 2014년도 신한울 1·2호기 건설현장 인력고용 한황	35
표 7. 2014년도 지역업체 원전건설 공사 참여현황	35
표 8. 2015년도 원자력발전소별 지방세 납부현황	36
표 9. 3개 원전지역의 총사회적 비용	37
표 10. 국제 원전 안전연구 동향	42
표 11. 사용후핵연료 관련 원자력위원회 의결사항	49
표 12. 국내원전에서 사용후핵연료의 발생 및 저장현황	50
표 13. 시나리오 세부 구성요소	52

그림 목차

그림 1. 산업통상자원부(2017), 재생에너지 3020 이행계획	10
그림 2. 30년 재생에너지 설비 보급 목표	10
그림 3. 국내 전력 목표수요 전망('17~' 31)	12
그림 4. 중국 발전 믹스 전망	20
그림 5. 일본 원자력 발전소 가동 현황	21
그림 6. 2016년 Energy Balance Flow	23
그림 7. 경상북도 원자력산업 현황	30
그림 8. 월성원자력 본부(좌), 한국수력원자력 본사(중), 한국원자력환경공단(우)	32
그림 9. 중·저준위 방사성폐기물 처분시설(좌) 및 양성자가속기연구센터(우) 예상도	33
그림 10. 한국전력기술 전경(좌) 및 한전 KPS 원전종합서비스센터(우)	33
그림 11. 시나리오 구성 개념도	59
그림 12. WTI 방식의 건식저장시설	54
그림 13. STEAG 방식의 건식저장시설	54
그림 14. 터널 방식 건식저장시설	54
그림 15. 옥외 건식저장시설	55
그림 16. 미국의 원전 부지에서 운영 중인 건식저장시설	56

Abstract

Proposal for a Strategy of the government's nuclear policy change and nuclear power plants

by : Choi Won Baeg
Advisor : Song Jong Soon
Chosun University

Korea has recognized nuclear power as an important power generation source for stabilizing energy supply, demand, and ensuring energy security since it started commercial operation of Kori Nuclear Power Plant Unit 1 in 1978. Furthermore, as of March 2020, 24 nuclear power plants are in operation, including Wolsong Unit 2. However, in June 2017, the government declared a new energy paradigm called clean and safe clean energy, and completely implemented the construction plan of a new nuclear power plant under construction to extend the lifespan of old nuclear power plants in order to realize a country, where free from worry of nuclear accidents. It is pursuing a so-called de-nuclear policy, and more.

As a concrete action plan, the 8th Basic Plan for Power Supply ('17.12') was finalized to drastically decrease the proportion of nuclear power generation from 30.3% to 23.9% and increase the proportion of renewable energy generation from 6.2% to 20.0% from 2017 till 2030. According to this plan, the new nuclear power plant construction in preparation for construction from Shin Hanul Units 3 and 4 will be completely canceled, and the Wolsong Unit 1, which the lifespan has been extended for a long period of time, will be closed early to prevent the extension. Therefore, in order to reduce the proportion of nuclear power and coal power generation and increase the proportion of LNG power generation, the government decided to invest 110 trillion won by 2030 to expand the proportion of renewable energy power generation such as solar and wind

power to 20% and to expand scale facilities to 47.2GW.

A renewable energy expansion policy for solar and wind power plants requires enormous sites for a facility. Thus, there are problems such as fluctuation of output due to weather and climate, causing frequency adjustment of the power system, and inhibiting system stability.

In addition, LNG power plants, which are being promoted as alternatives to nuclear power and coal power plants, have 30 years of life span, which causes lots of different problems in terms of economy, energy security, fine dust emissions, and environment.

To overcome these problems, solar energy and nuclear power are complementary alternative technologies that can cope with the climate change paradigm.

In response to the government's energy conversion policy, a strategy is needed to devise countermeasures for nuclear power plants so that north Gyeongsang province, where the nuclear power industry is concentrated, can coexist and grow together.

To secure nuclear safety in Gyeongju, where Korea Hydro & Nuclear Power (KHNP), the Korea Atomic Energy Environment Corporation, and low- and medium- level radioactive waste disposal facility are located, it is necessary to develop and research continuous technologies by creating an integrated technology R&D complex and to improve the long-term energy decentralization and the power market liberalization system.

A nuclear power platform should be established by connecting various communities and networks that form and operate a nuclear industry consultative body. For instance, a town hall meeting should be held regularly to communicate between various nuclear power companies (nuclear power plants, KHNP, Korea Nuclear Environment Corporation, Korea Electric Power Technology, and more) and local governments, media, local residents and researchers.

In addition, to secure interim storage facilities for spent nuclear fuel in Hanbit Nuclear Power Plant and Gori Nuclear Power Plant, where the spent nuclear fuel is saturated in 2024, various scenarios should be reviewed. The government, universities, research institutes, and

industries should cooperate organically to come up with an early management system so that the nuclear power plant region can survive after the energy conversion policy.

제1장 서론

제1절 정부의 에너지 전환 정책

1. 에너지 패러다임의 변화

정부는 그동안 경제성장의 필수요소인 에너지 수급을 안정화하고, 에너지 안보를 확보하기 위한 정책을 국가 에너지 중요 정책과제로 추진하여 왔다. 우리나라의 에너지 자급도('15년 기준)는 5.3%로 열악한 수준이며 석유, 천연가스, 유연탄 등 대부분의 에너지를 해외에서 수입하고 있다. 1960년대에 이르러 에너지산업 육성정책 추진을 통해 건설비용이 상대적으로 낮고 연료조달이 유리한 화력발전소 건설에 치중하였으나, 석유파동 이후 에너지 절약 정책과 더불어 탈석유 발전원 개발에 주력하게 되었다. 그리하여 국내 최초 원자력발전소인 고리 1호기가 1978년 4월 준공되어 상업운전을 시작하였으며 이후 에너지 안보 및 기후변화 대응 등을 위해 정부 주도의 원전 건설 확대 정책이 추진되었다. 이후 끊임없는 원자력발전 기술 자립 및 기자재의 국산화 노력에 힘입어 2009년 12월 UAE에 원전(APR1400) 4기를 공급하는 계약자로 선정되어 세계 6번째의 원전수출국으로 급부상하게 되었다. 현재 국내 원전은 영구정지된 고리 1호기 및 월성 1호기를 제외하고 총 24기의 원전이 가동 중으로, 총 발전량의 약 30%를 점유하고 있다.

그러나 전 세계적으로 발생한 세 차례의 중대사고 이후 원자력 안전문제가 대두되면서 국내에서도 원전에 대한 불안감이 고조되기 시작하였다. 1979년 쓰리마일 원전 사고, 1986년 체르노빌 원전사고는 원전 수용성을 악화시키는 요인이 되었으며, 2011년 발생한 후쿠시마 원전 사고는 전 세계의 탈원전 추세를 가속화하였다. 우리나라도 후쿠시마 원전사고 이후인 2013년에 원자력안전위원회를 출범하고, 「원자력안전법을 개정하는 등 진흥뿐만 아니라 원전의 안전성 제고에 정부 차원에서 적극적인 노력을 기울였다. 그러나 중대 사고에 대한 불안감이 지속되는 가운데 원전밀집 지역인 경주('16. 9/규모 5.8)와 인근 포항('17.11/규모 5.4)에서 지진이 발생하면서 원전의 안전성을 우려하는 목소리가

급속도로 확산되었다. 이후 정부의 탈원전 정책 추진 의지에 따라 과거 50년간 지속해온 원자력발전 정책은 새로운 국면을 맞이하게 되었다.

문재인 대통령은 고리 1호기 영구정지 기념식(’17.6)에서 탈원전을 포함하는 에너지전환 정책 공약을 신속히 이행하기 위해 그 시작점으로 신고리 원전 5·6호기 공사 중단에 대한 사회적 합의를 도출하기로 하고, 공사 중단과 재개 측이 팽팽히 맞선 가운데 3개월간의 공론화 절차를 진행하여 최종적으로 59.5%의 지지로 건설을 재개하기로 결정하였다. 그러나 신고리 원전 5·6호기의 공사 재개에 대한 결정에도 불구하고 이를 장기적으로는 원전을 감축한다는 사회적 합의의 기반으로 이해한 정부는 「에너지전환 로드맵(’17.10)」을 발표하며 에너지 정책의 새로운 패러다임을 제시하게 되었다.

이는 원전의 단계적 감축 및 재생에너지 확대*라는 기본 방향을 제시하는 것으로, 구체적 실행 방안을 「재생에너지 3020 이행계획(’17.12)」과 「제8차 전력수급기본계획(’17.12)」에 포함하기로 하였다.

* 재생에너지는 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」에 따라 재생 가능한 에너지를 변환시켜 이용하는 에너지로서 태양광, 태양열, 풍력, 수력, 해양, 지열, 바이오, 폐기물, 수열 등 9종류를 의미함

그 주요 내용으로 2030년까지 재생에너지 발전량 비중을 20.0%까지 확대 추진하고, 전력수급의 기본 계획을 기존의 수급 안정·경제성 위주에서 환경성·안전성 중심으로 전환하겠다는 것으로, 「에너지전환 로드맵」의 주요 내용과 세부 방안은 다음과 같다.

표 1. 「에너지전환 로드맵」 주요 내용 및 세부 방안

주요내용	세부 방안
원전 단계적 감축	신고리 5·6호기 공사 재개
	계획된 신규원전 건설 계획 백지화 - 6기 (신한울 3·4호기, 천지 1·2호기 및 신규 2기)
	노후원전 수명 연장 금지 - '38년까지 14기(고리 2~4호기, 월성 2~4호기, 한빛 1~4호기, 한울 1~4호기)
	월성 1호기 조기 폐쇄
재생에너지 확대	재생에너지 발전량 비중 확대('16) 7.0% → ('30) 20.0% - 폐기물 바이오 중심의 재생에너지를 태양광·풍력 등으로 전환 - 소규모 태양광 사업 지원

2. 재생에너지 보급 확대 계획

'16년 기준 우리나라 재생에너지 비중은 총 발전설비 용량의 12.0%, 발전량의 7.0%를 차지하고 있다. 국제에너지기구(IEA) 기준으로 우리나라 재생에너지 비중은 2.2%에 불과하다. 재생에너지 누적 설비용량은 '00년 1.6GW에서 '16년 13.3GW으로 연평균 0.7GW 규모로 확대되었다. 재생에너지 발전량 비중은 '00년 0.04%에서 '16년 7.0%로 증가하였다. 재생에너지 원별로는 '16년 폐기물·바이오 발전량이 전체의 74%를 차지하고 있으나, '16년 신규설비용량 중 태양광·풍력(1.1GW)이 76%를 차지하며 최근 태양광·풍력 중심으로 신규설비가 확대 중에 있다. 정부는 「재생에너지 3020 이행계획」에서 전력계통 안전성, 국내 기업의 보급 여건 및 잠재량 등을 고려하여 2030년까지 재생에너지 발전량 비중 20.0%를 목표로 설정하고, 재생에너지 설비용량은 63.8GW까지 확대 보급할 계획이다.



그림 1. 산업통상자원부(2017), 재생에너지 3020 이행계획

또한 신규 설비 48.7GW는 대부분 태양광(30.8GW, 63%) 및 풍력(16.5GW, 34%)으로 바이오·폐기물 중심에서 태양광·풍력 중심으로 공급 정책을 전환하여 신규 설비용량의 97%를 태양광·풍력으로 공급한다는 계획이다.

- ※ (재생에너지 발전량 비중) : '16년 7.0% → '22년 10.5% → '30년 20.0%
- ※ (재생에너지 설비 용량) : '16년 13.3GW → '22년 27.5GW → '30년 63.8GW
- ※ 태양광·풍력 에너지 : '17년 6.9GW(46%) → '30년 54.2GW(85%) 비중 확대
- ※ 바이오·폐기물 에너지 : '17년 6.1GW(41%) → '30년 7.1GW(11%) 비중 축소

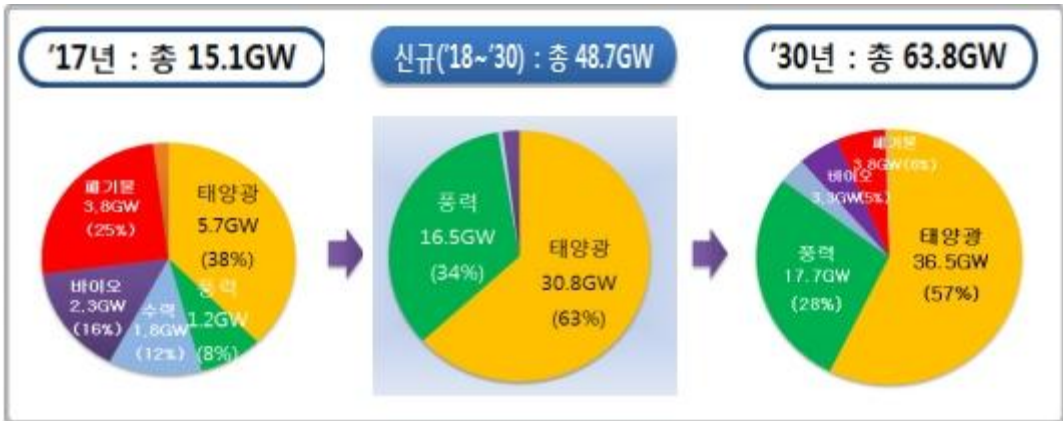


그림 2. 30년 재생에너지 설비 보급 목표

신규 설비 구축은 자가용, 소규모 사업, 대규모 프로젝트를 통해 달성 추진하기로 하였다. 주택·건물 등 자가용 설비를 2.4GW 보급(‘30년까지 약 15가구당 1가구 보급)하고, 한국형 발전차액지원 제도(FIT, Feed in Tariff)¹⁾ 도입, 재생에너지 공급인증서 (REC, Renewable Energy Certificates)²⁾가중치 추가 부여 등을 통해 7.5GW를 보급한다는 계획이다.

또한 국토이용 현황을 고려하여 비우량 농지를 중심으로 농가 태양광을 10GW, 지역주민과 상생하고 지역에 이익이 환원될 수 있도록 대규모 프로젝트 추진으로 28.8GW를 보급할 계획이다.

1) 발전차액지원제도(FIT) : 재생에너지 발전 전력을 정부가 고시한 기준가격에 구매하여 신재생사업자가 안정적인 수익을 보장받을 수 있도록 하는 제도
2) 재생에너지 공급 인증서(REC) : 신재생에너지를 이용해 에너지를 공급한 사실을 증명하는 인증서

3. 제8차 전력수급기본계획

정부는 「제8차 전력수급기본계획」을 통해 향후 15년간의 전력수급을 전망하고, 전력설비 계획을 제시하고 있다. 이번 수급계획은 수급안정과 경제성 위주로 수립되었던 기존 수급계획에 비해, 환경성·안정성에 중점을 두고 계획을 수립하고 있다. 그리고 공급 위주의 정책(발전소 건설)에서 수요 관리를 통한 합리적 목표 수요 설정에 중점을 두었으며, 신규 발전설비도 친환경 재생에너지와 LNG 발전을 우선시 하고 있다.

2030년 목표수요*는 100.5GW로 전망하였으며, 이는 2017년 85.2GW 기준으로 계획기간('17~'31)동안 연평균 1.3% 증가하는 것으로 예측한 수치이다.

* 목표수요 = 기준수요(BAU, Business As Usual) - 수요관리량 + 기타 요인(전기차 등)

※ '30년 기준수요는 113.4GW로 도출되었으나, 수요관리를 통해 13.2GW 감축, 전기차 확산 효과(0.3GW 증기) 등을 감안한 수치

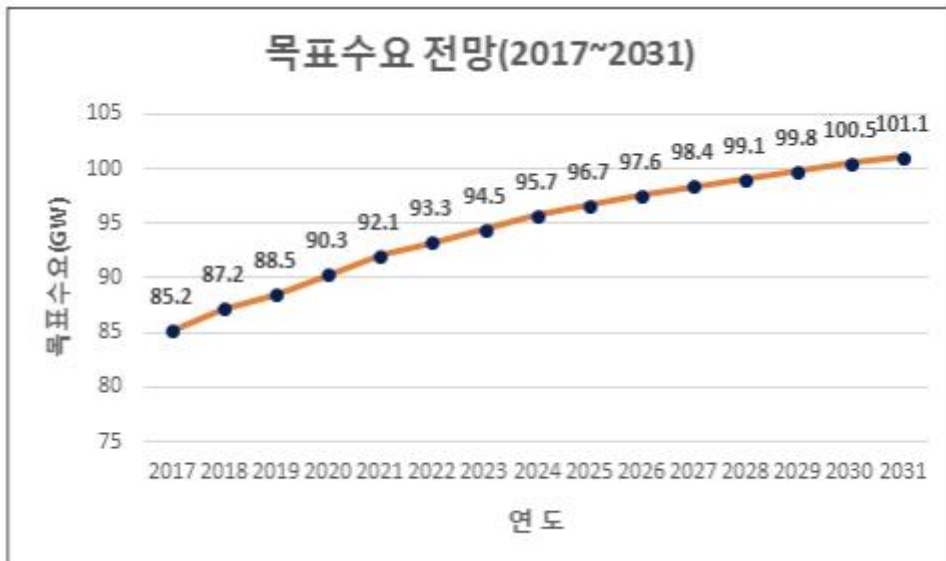


그림 3. 국내 전력 목표수요 전망('17~'31)

한편 '30년 적정 설비용량은 122.6 GW로서 목표 수요의 22%를 적정 설비에비율³⁾로 고려하고 원자력발전 감축 및 신재생에너지·LNG발전의 증가를 통해 설비용량 목표 달성을 추진한다는 계획 이다.

정부의 계획에 따르면 원자력은 설비용량이 '17년 22.5GW(19.3%)에서 '30년 20.4GW(12.0%)로 감소하고, 화력 설비용량은 '17년 36.9GW(31.6%)에서 '30년 39.9GW(23.6%)로 증가한다. 또 기 계획된 LNG 발전설비 건설 및 석탄발전소의 연료를 LNG로 전환하여 '17년 37.4GW(31.9%)에서 '30년 44.3GW(26.2%)로 LNG 설비용량을 증가하고, 태양광 및 풍력 중심으로 재생에너지 설비를 확충하여 '17년 11.3GW(9.7%)에서 '30년 58.5GW(34.6%)로 신재생 에너지 설비용량을 증가시킬 예정이다.

표 2. 연도별 확정 설비용량 전망

	원자력	석탄	신재생 에너지	LNG	기타	확정 설비 (정격 용량)	확정 설비 (실효 용량)*	적정설**	과부족***
2017	22.5 (19.3%)	36.9 (31.6%)	11.3 (9.7%)	37.4 (31.9%)	8.9 (7.5%)	117.0	107.8	101.4	6.4
2022	27.5 (19.3%)	42.0 (29.5%)	23.3 (16.4%)	42.0 (29.5%)	7.5 (5.3%)	142.3	122.6	111.0	11.6
2030	20.4 (12.0%)	39.9 (23.6%)	58.5 (34.6%)	44.3 (26.2%)	6.1 (3.6%)	169.2	118.3	122.6	△4.3

* 정격용량에 피크기여도 반영

** 목표수요에 적정 설비에비율(19~22%) 고려

*** 과부족 = 확정설비(실효용량) - 적정설비

3) 적정 설비에비율은 최대 전력 수요 대비 필요한 예비전력설비의 비율로 최소예비율 13%와 불확실성 대응 예비율 9%를 반영

한편 신재생 발전단가의 하락과 일반 석탄의 발전비용이 LNG보다 증가하여, 석탄비중을 추가로 감소하고, LNG 비중을 확대하는 등 온실가스 배출권 거래비용 등 환경비용을 감안할 경우의 목표 시나리오 발전량 전망은 다음과 같다.

표 3. 발전량 비중 전망

연도	원자력	석탄	LNG	신재생	석유	양수	계
2017	30.3%	45.4%	16.9%	6.2%	0.6%	0.7%	100%
2030	23.9%	36.1%	18.8%	20.0%	0.3%	0.8%	100%

제2장 본론

제1절 주요국의 에너지전환 정책 동향

전 세계는 기후변화 대응과 신재생에너지, 에너지저장 및 전기자동차 등 에너지신산업 경쟁으로 이른바 Green Rush 시대를 맞이하고 있다. 지구 온난화의 가속화와 미세먼지 문제의 심화로 인해 미래 세대의 지속 가능한 성장과 환경기반 조성으로 세계 각국의 에너지정책 초점이 이동하고 있는 것이다. 이러한 에너지패러다임의 변화는 청정에너지 신산업 육성, 4차 산업혁명 대응, 태양광·풍력·스마트 그리드 등 신기술 확산에 주력하면서 경제성 위주 에너지 정책에서 기후변화 대응형 지속 가능한 전원정책으로의 전환으로 나타나고 있다. 또한 에너지전환 정책은 각국이 처한 에너지 환경, 국민 정서, GDP 수준 등에 따라 각기 다른 방향으로 추진되고 있다.

1. 미국

미국은 트럼프 대통령 취임 후 석탄발전에서 천연가스발전으로 점차 에너지패러다임이 변화하고 있는 상황에서도, 자국 우선주의 정책(미국 최우선 에너지계획, America First Energy Plan)을 추진하며, 파리기후변화협정 탈퇴를 선언함으로써, 에너지 전환 속도에 변동성이 있을 것으로 전망되고 있다.

'17년 발표된 「미국 최우선에너지 계획」은 ①미국 내 화석연료 개발 확대와 에너지 독립 추구 ②에너지산업 관련 규제 해소 ③에너지 정책과 환경 정책의 동반 추진을 주된 내용으로 제시하고 있으며, 오바마 행정부의 석탄발전 감축을 골자로 한 「청정전력계획」을 폐기함으로써 석탄발전이 지금 수준으로 현상 유지될 것으로 전망된다. 다만 셰일 가스 기술개발로 천연가스의 경제성이 향상됨에 따라 장기적으로는 천연가스의 비중이 지속적으로 증가할 것으로 예측되고 있다.

재생에너지 분야에서는 연방정부와 주정부 차원에서의 지원정책이 공존하며, 지속적으로 재생에너지가 확대되고 있는 상황이다. 연방정부는 세액공제

혜택을 제공하고, 주정부는 재생에너지의무할당제(RPS, Renewable Portfolio Standards)를 실시하고 있다.

현재 29개 주와 워싱턴 DC가 RPS를 도입하였으며, 기타 8개 주는 자발적인 재생에너지 보급 목표를 설정하고 있다. 캘리포니아주는 '30년까지 재생에너지 발전량 비중을 50%로 확대하고, 하와이 주는 '45년까지 100%로 확대하는 등 높은 수준의 목표를 설정했다. 이로 인해 재생에너지원의 경쟁력이 지속적으로 증가하는 상황임으로 재생에너지 설비투자액과 전원 비중은 계속 증가할 것으로 전망된다.

한편 트럼프 정부의 에너지자원 생산 관련 규제와 환경규제를 완화 및 폐지에 힘입은 셰일가스 추출 기술의 발전은 셰일가스 생산량을 증가시켰고, 재생에너지 발전 보조금 지급은 전력시장에서의 원전 경쟁력을 하락시키는 요인이 되었다. 결국 높은 투자비용, 전력 수요의 감소, 저렴한 천연가스 비용, 그리고 시장 구조 문제 등으로 어려움에 처한 원자력사업은 미국에서 가장 많은 원전을 건설하고 우리나라 상업용 원전인 고리 1호기에도 기술을 전수한 웨스팅하우스사가 '17년 3월 파산보호를 신청하는데 이르렀다.

그러나 원자력산업에 대한 미국 행정부의 정책은 상당히 우호적인 방향으로 나아가고 있다. 2017년 6월 29일 트럼프 대통령은 에너지주간 기념 연설에서 새로운 미국 에너지 지배 시대(New era of American energy dominance)의 도래를 촉진하기 위한 여섯 가지 정책 방향을 제시하였는데 그 중 하나가 원자력을 부활시키고 확대하기 위한 정책이었다.

미국은 원자력이 청정 에너지포트 폴리오 구성에 필수적이며, 환경과 기후에 긍정적 영향을 주는 에너지원 사용을 위해 탄소 제로 에너지원인 원자력이 반드시 포함되어야 함을 강조하며, SMR과 같은 차세대 원자로 개발을 적극 지원할 것을 표명하고 있다. 이는 지난 30년간 신규 원전 건설이 없어 원전 산업 공급망(Supply Chain)이 취약하게 되었다는 우려와 함께 중국, 러시아 등과의 원전 산업 주도권 경쟁과 안보 및 전략적 관점에서도 원자력산업의 부활이 필요하다는 점을 강조한 것으로 보여진다.

2. 독일

2000년에 「재생에너지법(EEG, Erneuerbare-Energien-Gesetz)」 수립을 통해 재생에너지로의 전환 기반을 마련하고, 이후 관련 정책을 지속적으로 발표하고 있는 독일은 재생에너지 발전량 비중을 단기적으로는 '20년까지 최소 35%, 장기적으로 '50년까지 80%까지 확대하는 목표를 제시하고 있다. 또한, FIT를 확대 실시하여 다양한 사업자의 참여 및 재생에너지 보급 확산을 추진하고 있다. '09년 재생에너지 확대와 에너지 효율성 제고를 통해 에너지 전환 목표를 달성하겠다는 「Energy Concept 2010」을 발표한 메르켈 정부는 '11년에 이르러 후쿠시마 원전사고를 계기로 '22년까지 모든 원전을 폐쇄한다는 내용을 담은 「Energy Package」를 발표하였다.

이후 에너지전환 정책 추진으로 재생에너지 발전량 증가 및 온실가스 감축효과 등은 나타났지만, FIT 분담금으로 인한 주거용 및 산업용 전기요금이 '00년 대비 '12년까지 각각 2.0배와 2.6배가 인상되고, 경제에 악영향을 미치는 부작용이 나타나 재생에너지의 경제성 제고를 위한 에너지 담당 조직을 환경부에서 경제에너지부로 이관하는 조치가 이루어지기도 했다.

또한 FIT 지원금을 바탕으로 그리드패리티(Grid-parity)⁴⁾를 달성한 태양광 산업에 대한 지원금을 대폭 감소하고, 발전사업자가 시장가격으로 직접 전력을 판매하고, FIT 기준가격과 시장가격의 차이만큼 보조금을 제공해서 안정적인 수익을 제공하는 직접거래제도와 재생에너지 사업자 간의 입찰을 통해서 시장 프리미엄을 결정함으로써 재생에너지의 가격 유동성을 확대하는 경쟁입찰제도를 도입하였다. 또한 재생에너지 공급 과잉을 막기 위해 '20년까지 육상 풍력 및 태양광 설비 증가 규모를 연간 2,500MW로 제한하기로 하였다.

독일은 '16년 발전량 중 재생에너지 비중이 30.4%를 차지하여 '00년(7.25)에 비해 4.2배 증가한 가운데, '90년 대비 '14년 온실가스 배출량을 27% 감축하여 교토의정서 상 감축목표를 초과 달성, 태양광, 풍력분야 생산량의 약 65%가 수출되는 재생에너지 수출산업 국가로 부상하고 있다. 그러나 이는 재생에너지에 적합한 독일의 자연적 여건과 청정에너지 사용에 대한 비용 부담 증가를 수용한

4) 그리드패리티(Grid-parity) : 신재생에너지 발전 원가와 화석에너지 발전 원가가 같아지는 시점

사회적 합의가 바탕으로 된 것으로, 여전히 증가되는 에너지 비용은 국가의 부담이 되고 있다. 또한 에너지에 관한 한 “섬”이라 할 만한 우리의 지리적 여건과는 달리 신재생에너지 사용을 증가에도 불구하고, 태양광의 밀도가 낮을 경우 원자력발전을 하는 프랑스 등 인접국으로부터 전력 조달이 용이하도록 유럽의 통합전력망을 연결하여 전력수급의 문제를 조정하고 있다.

3. 중국

중국은 전통적으로 전력 생산의 대부분을 석탄 발전이 차지하고 있었지만, 최근 들어 재생에너지 및 원자력발전이 증가하는 추세이다. 화력발전은 '10년 전체 발전량(4.23조kWh)의 80.8%였으나 '15년(5.60조kWh) 73.1%로 감소하여 전체 발전량에서 석탄이 차지하는 비중이 장기적으로 '30년 53%, '40년 44%까지 감축될 것으로 전망된다.

이에 반해 재생에너지(수력+풍력) 발전량은 '10년 17.4%에서 '15년 23.2%로 증가하였고, 원자력발전도 '10년 1.8%에서 '15년 3.0%로 증가하였다.

※ 중국에서는 재생에너지 중 수력발전이 차지하는 비율이 높음(※15년 전체 발전량의 19.9%)

'05년 FIT를 도입하고, '06년부터 재생에너지 총량 목표, 전력의 의무 매입, 매수 전력 가격, 송배전 회사의 비용 부담, 자금 지원 등의 내용을 포함한 「재생에너지법」을 시행하여 재생에너지 보급을 본격화한 중국은 '07년에는 의무 시장제 등 재생에너지 보급을 위한 지원 정책을 적극 시행하였다. 또한 재생에너지 확대와 함께 심화되고 있는 대기오염 문제를 해결하기 위한 최우선 정책 수단으로 석탄 소비 억제정책을 채택하였다.

또한 최근에는 「제3차 에너지개발 5개년 계획('16~'20, 이하 '13.5계획)」을 발표하고, 풍력, 태양광, 바이오매스를 중점지원 분야로 선정한 바 있다. 동 계획서에는 '20년까지 재생에너지 누적 설비용량을 풍력 210GW, 태양광 110GW, 수력 340GW로 목표를 상향 조정하고, 원자력발전은 현재 가동 중인 총 37기(설

비용량 35.8GW, '17.10월 기준)의 원자로에 추가적으로 총 19기(22GW)를 건설 중으로, '20~21년까지 58GW, '30년까지 150GW로 설비용량을 확대하는 목표를 제시하고 있다.

표 4. 에너지발전 13.5계획 (2016 ~ 2020년 목표)

구분	정책 지표	단위	2015년	2020년	변화율 (연평균 %)
에너지 지표	1차 에너지소비	억tce	43	<50	<3.0
	석탄소비	억 톤	39.6	41	0.7
	에너지 생산	억tce	36.2	40	2.0
	발전설비 용량	GW	1,530	2,000	5.5
	전력소비량	천TWh	5.69	6.8~7.2	3.6~4.8
에너지 믹스 및 전원 믹스	1차에너지 믹스	%	64.0	58.0	-6.0%p
	- 석탄		12.0	15.0	3.0%p
	- 비화석에너지		5.9	10.0	4.1%p
	- 천연가스				
	발전설비 비중		35.0	39.0	4.0%p
	- 비화석에너지		59.2	55.0	-4.2%p
- 석탄화력					
전원믹스(발전량)		27.0	31.0	4.0%p	
- 비화석에너지					

주: 비화석에너지는 원전, 풍력, 태양광, 수력, 바이오매스, 지열 등을 포함

'중국 에너지 부문의 발전 목표인 '13.5 계획에서의 각 전원별로 구체적인 목표는 다음과 같이 설정되어 있다.

- **(석탄화력)** 낙후 발전설비 퇴출 조치를 통해 20GW 이상 규모의 노후 발전 설비를 폐지하고, 석탄화력 설비용량을 1,100GW 이내로 억제.

· 2017년에는 각각 20개, 13개 프로젝트(총 설비용량41GW)의 건설이 중단되었으며, 연기된 프로젝트는 61개(총 설비용량 65GW)에 달함.

- **(수력)** 대규모 수력발전단지 건설을 적극 추진하고, 설비용량을 340GW까지 확대 계획 (신규용량 60GW).

- **(원자력)** 연해지역에 3세대 가압수형 원자로 건설 적극 추진(가동 58GW, 건설 중30GW)

· 2017년 9월 기준, 원자력 발전량이 182.9TWh에 달하면서 전년동기 대비

21.37% 증가하였고, 전체 발전량의 4.2%를 차지함

· 2017년 9월 30일 기준 가동 중 원전은 37기, 건설 중 원전은 총 19기(22GW)

※ 건설 중인 원전 규모는 세계 최대임

- **(풍력)** 신규 건설하는 풍력발전을 중동부 지역에 집중시킴으로써 풍력발전 구조를 최적화하고 기풍률을 적정 수준으로 억제할 것이며, 설비용량을 210GW까지 확대

· 2017년 1~9월 신규 계통연계 풍력발전 용량은 9.7GW이었고 누적 계통연계 용량은 1,570GW에 달하였음. 풍력발전량은 212.8TWh로 전년동기 대비 26% 증가하였고, 기풍전력량은 29.6TWh로 전년동기 대비 10.3TWh 감소하였으며 기풍률은 6.7%p 감소함.

- **(태양광)** 삼북(三北, 서북, 동북, 화북) 지역에 태양광 발전소 건설을 추진하고, 기광률 예비경보 시스템을 구축하여 기광률을 효과적으로 감소시킬 것이며, 설비용량을 110GW까지 확대(분산형 태양광 60GW, 태양광발전소 45GW, 태양열발전소 5GW).

· 2017년 1~9월 신규 태양광 설비용량은 43GW이며 그중 태양광 발전소는 27GW로 전년 동기 대비 3% 증가하였고, 분산형 발전소는 15.3GW로 4배 증가함.

- **(천연가스)** 석탄의존도를 축소하는 한편, 석탄을 천연가스로 적극 대체하여 1차에너지 중 천연가스 비중을 '15년 5.9%에서 '20년 10%까지 확대

· 2017년 1~10월 천연가스 소비는 전년동기 대비 18.7% 증가, 12월에는 LNG가격 급등

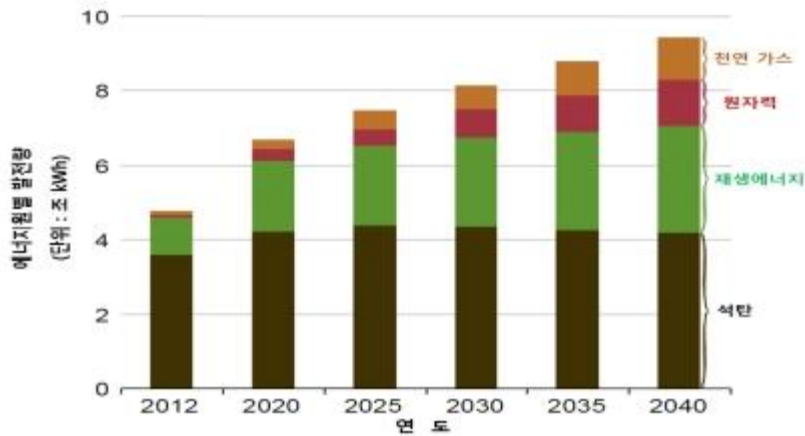


그림 4. 중국 발전 믹스 전망

4. 일본

우리나라와 같이 1차 에너지의 95%정도를 수입에 의존하고 있는 일본은, 2011년 후쿠시마 원전 사고 이후 한 때 원전의 전면적인 가동을 중지하고, 석탄 화력과 재생에너지 발전량 비중을 확대하였다. 재생에너지 확대를 위해 '03년부터 RPS 제도를 시행했으며, '12년에는 FIT 제도의 전면적 확대를 포함하는 「재생에너지특별조치법」을 시행하였고, 그 결과 '13년 일본의 발전원 구성은 원자력 1.0%(93억kWh), 석탄 30.3%(2,845억kWh), LNG 43.2%(4,057억kWh), 석유 14.9%(1,398억kWh), 수력 8.5%(800억kWh) 등으로, 재생에너지 발전량이 '10년 123TWh(10.8%)에서 '15년 170TWh(16.4%)로 증가하였다. 재생에너지의 설비용량은 수력 54.6%, 태양광 37.0%, 바이오 4.5%, 풍력 3.4% 등으로 후쿠시마 사고 이후 태양광의 기준가격을 높게 설정하면서 태양광발전이 급격히 확대되었다. (※ '15년 태양광 신규 설치용량이 11GW)

그러나 후쿠시마 사고로 인해 원전제로 정책을 수립했던 일본은 대체에너지로 도입한 액화천연가스(LNG)발전이 급격히 늘면서 무역 적자가 급증하고, 중지된 원전에 5년간 5조엔 이상의 막대한 비용 지출(2012~2017년, 약 51조 2800억원), 원전지역의 경제적 침체와 일자리 감소, 국민들의 에너지 비용 상승과 산업용 전기요금 급등(최대 30%) 등 경제적인 어려움으로 점차 원전발전

비중이 다시 증가하는 추세이다.

일본 원자력규제위원회는 원전 안전대책을 강화한 新규제기준을 '13년 7월에 시행하였으며, 원전 재가동을 위한 안전심사를 강화하였다. 현재 5기의 원전*이 재가동 중이며, 7기의 원전은 안전심사를 통과하여 재가동 준비 중('17.7월 기준)으로 결국 원전 48기 중 9기를 가동했다. 또한 2030년까지 전체 전력의 22% 까지 원전 비중을 높인다는 계획이다.

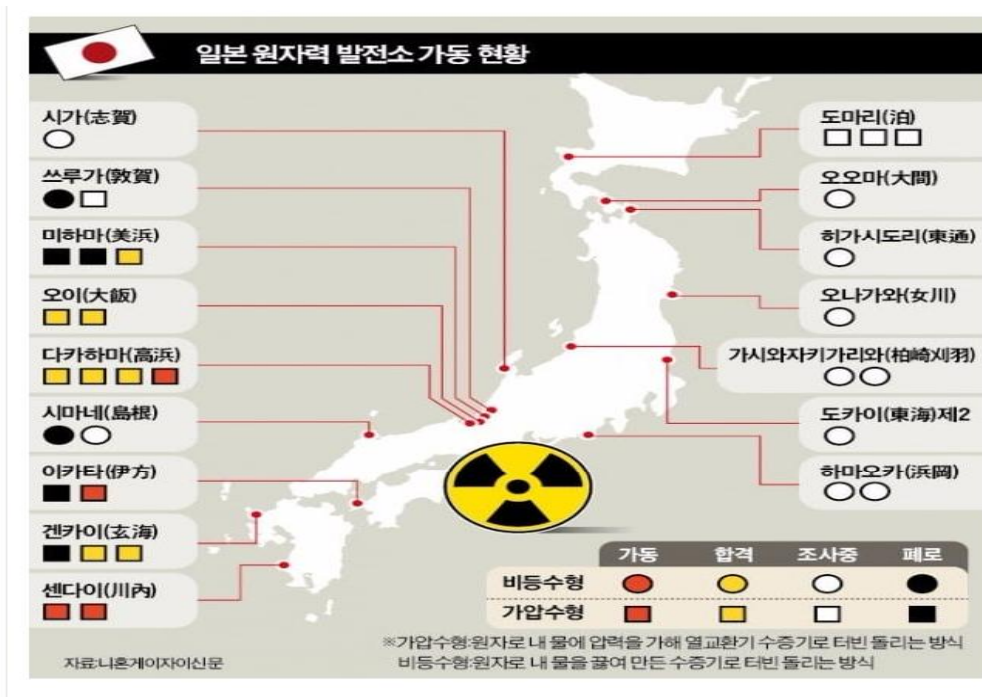


그림 5. 일본 원자력 발전소 가동 현황

일본의 원전 재가동은 원자력이 국력이라는 철학과 함께 우선적으로 원전지역 지자체가 경제 활성을 위해 찬성하는 입장인데다, 원전 재가동을 계기로 수익성 개선을 도모하기 위한 주요 발전사업자들의 안전성 강화 노력 그리고 원전에 대한 일본 정부의 안전규제 조치의 강화 등 적극적인 노력이 눈에 띈다. 특히 원전 관련 기관 간, 분야 간 벽을 넘어 기초연구를 지원하고 인재 육성을 추진하기 위해 △전략적 원자력 연구 △방사선 영향 연구 △원자력과 사회의 관계 관련 인

문학·사회과학 연구를 대상으로 한 “원자력 과학기술인재 육성 추진사업” 등은 원전 관련 연구에 대한 일본 정부의 지원 노력을 잘 드러내고 있다.

한편 일본은 '15년 「장기 에너지 수급 전망」을 발표하며, '30년 발전량을 1,065TWh로 전망하였으며, 발전 구성은 석탄 26%, LNG 27%, 원자력 20~22%, 재생에너지 22~24%⁵⁾로 다양한 에너지를 고루 활용한 에너지믹스 구성 계획을 제시하였다.

또한 원전 가동 중단에 따라 전기요금이 상승하게 되자, 독점상태의 전력 소매시장을 자유화하여 전력사업자 간 경쟁을 촉진함으로써 요금 인하를 유도하고자 '16년에는 전면적인 ‘전력시장 자유화’ 정책을 도입함으로써 일반 가정에서도 자신의 소비 패턴에 맞게 기존 전력회사 이외의 신규사업자가 제공하는 요금제를 선택하여 구매할 수 있는 제도적 기반을 마련하였다.

제2절 에너지전환 정책에 따른 원자력 발전의 역할

1. 국내 에너지 공급과 소비 현황

우리나라의 에너지 소비 추이는 경제성장과 경제구조의 변화와 밀접한 관계를 가지며 외환위기 등 두 차례의 석유위기를 제외하고 지속적인 증가세를 보여 왔다. 특히 철강, 석유, 화학 등 중화학공업 위주의 성장으로 에너지소비는 빠른 증가세를 보였고, 2000년대 들어와서 점차적으로 낮은 증가세를 유지하고 있다.

에너지 원 별로는 '60년대는 석탄과 신탄이 주요 에너지였으나, '70년대 들어서 중화학공업 육성 등으로 석유 비중이 급격히 상승하면서 석유가 주요 에너지로 등장하였다. '80년대 이후에도 석유는 주 에너지로 사용되었으나, '90년대 후반에 들어서면서 사용이 편리한 도시가스 및 전력소비가 크게 증가하면서 석유의 소비 비중이 점차 축소되기 시작하였다.

또한 1990년~2000년대 와서는 에너지 수요의 지속적인 증가와 에너지원 별 소비 구조 변화에 따라 에너지 자급률이 더 크게 낮아졌다. 세계 10위의 에

5) 수력 약 9%, 태양광 7%, 바이오매스 약 4%, 풍력 1.7%, 지열 1.0% 등으로 구성 전망

너지 소비국이지만 우리나라의 에너지 해외 의존도는 1980년 73.5%에서 1990년 87.9%로 상승하였으며, 2015년 현재 94.7%로 연간 에너지 수입액이 총 수입액의 30%를 훨씬 상회('15년 국내 총수입액의 33.1% 1,741억\$)할 정도로 에너지 자급도가 더욱 열악해 지고 있다.

주요 에너지원별로 공급은 석유가 40.1%, LNG가 15.4%, 유연탄 25.7%, 원자력 11.6%로 수력, 신재생에너지 5.1%로 석유에 의한 의존도가 매우 높다. 석유 소비에 있어서는 세계 7번째 소비국이며, 석유 수입의 86%를 중동에 의존하고 있어 중동의 불안 요소는 바로 우리 에너지 안보와 국가 경제 성장에 크게 영향을 미친다.

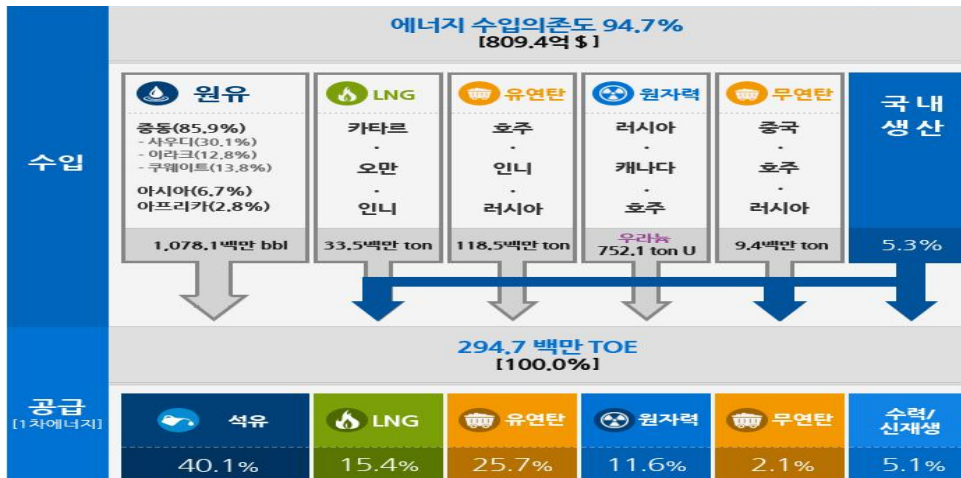


그림 6. 2016년 Energy Balance Flow

국내 에너지라 할 수 있는 수력 시설 용량은 2%로, 강수량이 적고 댐의 물을 주로 농사 및 식수로 사용하는 이유로 전체 전력생산은 1%대에 그친다. 현재 재생에너지의 30%에 해당되지만 수력발전의 증가는 제한적이기 때문에, 2030년까지 20%를 목표로 하고 있는 재생에너지 공급 확대에는 현실적인 제약이 많은 것으로 보인다.

에너지의 소비 부분을 크게 나누면 산업부문이 가장 높아 61.4%를 차지한다. 다음은 가정과 상업(17.0%)이며, 수송(18.9%)의 순이다. 이는 외국 수출을 지향하는 수출지향국으로 산업 활성화로 인한 산업 부문의 에너지 소비가

비중이 큰 것으로 보여 진다.

1960년대에는 에너지산업 육성정책 추진을 통해 건설비용이 상대적으로 낮고 연료조달이 유리한 화력발전소 건설에 치중하였으나, 석유파동 이후 에너지 절약 정책과 더불어 탈석유 발전원 개발에 주력하게 되고, 난방용 에너지가 석유에서 도시가스, 전력으로 점차 활발하게 대체되면서, 주요 발전 에너지원으로 원자력이 집중을 받게 되었다. 그리하여 국내 최초 원자력발전소인 고리 1호기가 1978년 4월 준공되어 상업운전을 시작하였고 이후 에너지 안보 및 기후변화 대응 등을 위해 정부 주도의 원전 건설 확대 정책이 추진되었다. 이후 끊임없는 원자력발전 기술 자립 및 기자재의 국산화 노력에 힘입어 2009년 12월 UAE에 원전 4기를 공급하는 계약자로 선정되어 세계 6번째의 원전수출국으로 급부상하게 되었으며, 현재 영구정지 된 고리 1호기와 월성1호기를 제외하고 총 24기의 국내 원전이 전력의 안정적 공급을 위해 가동되고 있다.

그러나 최근 친환경적 에너지 생산수단으로의 에너지전환 정책에 따라 석탄과 원자력의 비중을 축소하는 방향으로 정책을 추진하고 있다.

2016년도 우리나라의 전력소비는 총 543TWh(KESIS, 2017)로 1인당 평균 전력 소비량은 10.56MWh(2014년 기준, IEA)에 달한다. 이 중 40%는 석탄발전, 30%는 원전에 의해 생산되었다. 현재 정부가 추진하고 있는 에너지 전환 정책에 따라 원전과 석탄발전소를 축소해 나가기 위해서는 새 에너지원으로 천연가스 발전량이나 재생에너지원의 대규모 증가가 불가피하다. 현재 우리나라 전체 재생 에너지 발전량의 30.1%는 수력발전이 차지하고 있으며, 폐기물 연료 화력 발전과 바이오매스 발전이 나머지 39.5%를 차지한 것으로 나타나 향후 수력발전소의 발전 용량 증가는 수자원 부족의 문제 등으로 현실적으로 어렵고, 화석연료와 원자력 포기로 생기는 전력의 공백을 재생에너지원으로 모두 채우는 것도 아직은 기술적으로 실현 가능성이 낮기 때문에 결국 천연가스 발전 비율이 높아 질 수 밖에 없을 것으로 예상된다.

2. 재생에너지 확대 정책의 현안

정부의 「에너지전환 로드맵」의 핵심은 재생에너지 발전량을 20.0%로 확대하는

것으로 이의 달성을 위해서는 재생에너지 기술경쟁력 향상 및 전력계통 안정화 기술 확보가 우선되어야 한다. 「재생에너지 3020 이행계획」에 따르면 신규 재생에너지 설비 중 97%(47.3GW)를 분산형 에너지인 태양광, 풍력으로 공급할 예정이다. 그러나 태양광과 풍력 같은 기상·기후에 영향을 받는 분산형 재생에너지는 기존의 전력계통과 연결되었을 때 출력의 변동성으로 인해 전력계통의 주파수 조절을 야기하여, 계통안정성을 저해할 수 있다. 국가 간 전력계통망이 연계되어 슈퍼그리드를 형성하고 있는 유럽지역에 비해, 전력계통망이 고립되어 있는 우리나라는 재생에너지의 보급이 확대되면 그 안정성이 더 낮아질 수 밖에 없는 상황이며, 전력의 품질 저하로 산업분야에 심각한 피해를 야기할 수 있는 위험성이 있다.

정부는 이에 대해 「재생에너지 3020 이행계획」에서 전력계통 안정화 방안으로 지능형 전력망(스마트 그리드) 및 계통연계형 에너지저장장치(ESS, Energy Storage System)확대를 제시하고 있으나 현재 분산형 전원과 에너지저장장치에 대한 전문성이 부족할 뿐더러 대도시 근방에는 분산형 전원을 설치할 토지도 찾을 가능성이 없어, 대도시 근방의 오염과 갈등 해소의 어려움과 분산형 전원으로 구성된 전력망을 온전하게 관리하는 것도 쉽지 않다는 어려움이 있다.

한편 태양광은 한밤중이나 흐린 날씨에는 전력 생산이 어려운 등 기상환경과 발전시간 한정으로 발전효율이 낮고, 부지의 확보가 매우 중요하다. '16년 태양광 설비 대비 가동률은 12%로서, 1GW급 원전(설비대비 가동률 77%) 1기에 해당하는 만큼의 전력을 생산하기 위해서는 약 6GW의 태양광 설비가 필요하며, 1GW 발전 설비를 짓기 위해서는 13.2km²의 부지가 필요로 되어, 신규설비 목표인 30.8GW 보급을 위해서는 406.6km²(여의도 면적의 140배)에 달하는 부지를 필요로 하는 것으로 나타나고 있다. 또한 태양광 패널 주변의 열섬 현상과 폐패널의 양산, 증가되는 미세먼지의 영향으로 인한 세척과 이로 인한 환경오염 문제로 태양광 설비 설치에 따른 주민과의 갈등과 우리나라의 일조량 제한도 태양광 발전 확대의 걸림돌로 작용하고 있다.

그런가 하면 국내 태양광산업은 실리콘 태양전지 셀 개발로 22%의 효율을 달성하는 등 최고 수준의 태양광 에너지 기술을 보유하고 있음에도, '17년 세계 태양광 모듈 생산용량의 75%를 차지하고 있는 중국의 규모경쟁을 통한 비용경쟁력

강화와 모듈 가격의 하락에 밀려 고전을 면치 못하고 있다.

「재생에너지 2030 이행계획」에 따라 설비용량을 '17년 1.2GW에서 '30년 17.7GW로 확대 추진할 계획인 풍력발전의 경우도 국내 자연환경 및 지역주민 수용성 문제 등으로 활성화가 더딘 상황이다. 우리나라는 외국에 비해 바람이 약하고, 방향도 일정하지 않아 풍력발전 효율이 유럽에 비해 낮다. 최근 들어선 풍력발전 설비의 소음 및 전자파 발생으로 인한 발전설비 건설 반대 문제가 일어나고 있으며, 1GW 용량 풍력발전소를 짓는데 필요한 부지가 5km² 정도로, 신규설비 목표인 15GW를 짓기 위해서는 82.5km²(여의도 면적의 28.4배)의 부지가 필요로 되어 부지확보 문제도 대두되고 있는 상황이다. 이에 국내의 협소한 시장규모로 인해 풍력발전 제품의 대량생산이 불가능하여 풍력 발전의 원가가 타 발전원 대비 높은 편으로, 국내 풍력 산업의 경쟁력이 낮고, 해외제품의 국내 점유율도 높아, 국내 풍력 시장 방어마저도 힘든 상황이다.

오늘날 우리가 사용하는 에너지자원은 조만간 심각한 고갈의 운명을 맞이할 수 밖에 없다. 그래서 인류의 생존과 번영을 위해서는 지속 가능하고 친환경적이면서 안전한 새로운 에너지원의 개발이 반드시 필요하다. 그러나 태양광·풍력이 ‘친환경적’이라는 주장은 보다 신중한 검토가 필요하다. 위에서 고찰한 바와 같이 실제로 설비를 설치하는 과정에서 대규모의 산림을 파괴하는 태양광과 풍력도 환경에 적지 않은 피해를 주기 때문이다. 또 태양광과 풍력의 간헐성을 보완하기 위해서 반드시 가동되어야 하는 LNG발전소로 인한 엄청난 온실가스과 응축성 미세먼지의 배출, 그리고 세척으로 인한 토양오염과 태양광 패널 주변의 열섬 현상과 풍력발전의 저주파 소음, 20년 정도 이후 수명을 다한 설비를 해체·폐기하는 과정에서 발생하는 오염도 및 LNG연료 수입 단가 상승 등도 고려되어야 할 문제이다.

3. 에너지전환 정책에 따른 원자력 발전의 역할

화석연료로 대변되는 탄소기반 에너지 체제는 기후변화로 인해 인류생존의 위협 요소로 인식되고 있다. 에너지 패러다임의 변화는 이러한 위기의식과 기후 시스템에 영향을 미치는 가장 주요한 요인이 에너지산업에 있다는데서 출발

한다. 그래서 에너지 전환정책은 탈탄소화라는 에너지 패러다임의 변화이자, 지속적이고 안전하면서 온실가스 감축을 목표로 한 에너지생산 수단의 구성 변화를 말한다.

한국이 합의한 온실가스 배출감축 목표(2030년까지 평상시 배출량 기준 37% 이하)를 달성하기 위한 발전 산업 부분의 탈탄소화는 친환경 재생에너지보다는 천연가스에 의존하고 있다고 볼 수 있다. 정부의 계획대로 2023년에서 2029년 사이에 총 9.7GW에 이르는 12기의 원자로들을 모두 폐로 시킬 경우, 재생에너지에 따른 국토나 자연환경적 제약이 많은 우리로서는 원전과 석탄발전소 퇴출로 인해 감축되는 발전 용량을 보충하기 위해 천연가스발전소의 점유율을 60%이상 끌어올려야만 하기 때문이다. 가스발전은 원전에 비해 온실가스 배출을 증가 시키는 결과가 될 뿐 아니라 가스발전소의 수명이 30년인 것을 감안하면 경제적인 측면에서나 에너지 안보적 측면에서 그리고 미세먼지 배출에 따른 친환경적 측면에서도 좋은 대안이 될 수 없다.

이에 반해 원자력에너지는 환경에 운영과정에서 치명적인 연소 가스가 발생하지 않는 강점이 있고, 경제성 측면, 에너지 안보(에너지의 안정적인 확보) 측면에서, 경제적이고 안정적이면서도 친환경적인 에너지 공급 수단이자 온실가스 감축 수단으로서 앞에서 고찰한 바와 같이 주요 선진국은 화석연료를 대체할 에너지원으로 재생 에너지와 원자력의 공존을 지향하고 있다.

특히 태양광 등 재생에너지의 특성이자 단점인 발전량의 불규칙성, 조정이나 예측의 어려움은 원자력과 같은 중앙 집중형 발전 전력 시스템과 연계하는 분산형 전원 체계 곧 스마트 그리드 개념과 반드시 접목되어야 한다. 즉 고도화된 제어 기술과 통신 기술을 통해 현재의 전력 네트워크를 기반으로 일정하지 않은 재생 에너지원의 발전량을 효율적으로 통합, 활용하여 안정적으로 분산, 이동시킴으로써 전력 계통 운영의 안정성을 향상시켜야 한다. 대용량 전력의 안정적인 공급은 산업화 국가에서 필수적이며, 원자력은 가장 경제적이고 안정적인 기저전력으로 가장 적합한 대안이라 할 수 있다.

한편 우리나라에서 일고 있는 탈원전 움직임의 가장 큰 이유 가운데 하나는 예기치 못한 원전사고로 인한 방사능 피폭의 공포심이다. 이는 원전의 안전성에 대한 불신과 무지 그리고 이를 정치적 이데올로기화하여 이익을 얻고자 하는 일

부 단체들의 과장과 왜곡으로 더욱 확대되는 경향이 있다. 그러나 사고 위험 요소의 확률적인 분석과 함께 원전 사고에 관련된 전 세계의 실제적 기록에서는 원전이 일부 재생에너지와 비교해서도 안전성이 뛰어난 발전 수단(발전량 TWh당 최저 사망률)인 것으로 드러나고 있다.(Burgherr and Hirschberg, 2014). 유엔산하 「방사선 영향에 관한 과학위원회」의 보고서(2013)는 최근 후쿠시마 제1원전 사고에 의한 방사선 피폭의 잠재적 영향은 무시할 만한 수준이라는 결론을 내린 바 있다. 이런 원전과 비교할 때 가스연료는 심각한 사고 기록을 가지고 있다. 1995년 대구에서 일어난 참혹한 가스 폭발 사고는 100명 이상의 사망자와 200명 이상의 부상자를 발생시켰다.(Associated Press, 1995). 따라서 원전의 대안으로 선택하고자 하는 천연가스가 원자력보다 안전하다는 논리는 근거가 없는 것이라 볼 수 있다.

2014년 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)에서는 지구 온난화 완화기술의 예로 태양광 등과 함께 원자력을 제시한 바 있다. 변화의 시기에 원자력을 대안 기술로 선택한 것이다.

태양광과 원자력은 기후변화 패러다임에 대처 가능한 대안 기술로서 서로 상호 보완적이며, 원자력은 일정기간 최소한 징검다리 에너지(Bridge energy)역할을 수행할 수 밖에 없다. 더욱이 에너지 부존자원이 부족하여, 에너지원의 96%이상을 수입하고 있고, 전력생산에 쓰이는 연료의 수입가격이 전기요금에 직접적으로 영향을 미치는 우리나라 경우는 재생에너지를 생산하는데 따른 제반 기후 및 지리적인 제약과 원전의 환경적이고 경제적인 이점을 고려할 때 원자력 에너지의 비율이 유지 또는 증가되어야 한다.

탈원전은 여러 이점에도 불구하고, 원자력발전의 위험성을 이유로 추진되는 정책이다. 원자력이 지속적으로 안전 운전되고, 안전성이 더욱 향상된 신형 원전 개발이 성공적이라면 탈원전 정책을 유지할 이유는 없게 될 것이다. 그러므로 그동안 원전이 미국, 구소련, 일본에서 중대사고를 경험하면서 오히려 기술적 안전성이 지속적으로 향상되어 온 것을 보더라도, 원자력 안전 기술력을 더욱 갈고 닦고, 안전기술 인력의 전문성을 확보하고, 원자력 기술과 공급망을 유지하면서 원자력 수출을 위한 지속적인 노력을 경주하여야 할 것이다.

지금까지 원자력은 기술개발과 산업발전을 안과 밖에서 견인해 오는 역할을 충

실히 해 왔다. 이제 간헐성 전원인 재생에너지의 단점을 보완하는 상호보완적 에너지원으로서, 함께 상생발전 하는 노력과 함께 경제적이고 안전하며, 온실가스 배출 감축의 주요 수단인 기저전력으로서의 역할을 담당하면서, 미래를 위한 안전하고 지속가능한 새로운 에너지원 개발에 동력을 집중해야 한다.

제3절 원전지역의 원자력산업 현황

1. 경상북도 현황

가. 원자력 산업시설의 현황

국내 원전 24기 중 경주 양남 일원에 월성원전 4기 및 양북면 일원에 신월성 원전 2기, 울진 북면 일원에 한울 원전 6기가 가동 중이며, 신한울 원전 1,2호기가 건설 중이다. (신한울 3,4호기 건설중단, 천지 1,2호기 건설 취소)

한국수력원자력 본사 및 한국원자력환경공단본사, 월성원자력환경관리센터(방폐장) 및 양성자 가속기 연구센터가 경주에 위치하고 있으며, 원자력발전 설계를 담당하는 한국전력기술이 김천, 원전 유지보수와 엔지니어링을 담당하고 있는 한전KPS 원전종합서비스센터가 경주에 위치하고 있어 경북이 원자력 관련 산업의 특화 지역으로 발전되고 있다.



그림 7. 경상북도 원자력산업 현황

표 5. 주요 원자력관련 시설

구분	시설용량/인원	위치	비고
원자력발전소	12기(11.7GW)	경주시 양남면 울진군 북면	경주6기, 울진 6기
한국수력원자력 본사	12,000여명(약 16만㎡)	경주시 양북면	원전의 건설, 운영
한국원자력환경공단 본사	300여명(약 4만㎡)	경주시 서악동	방폐물 안전관리
중·저준위방사성폐기물처분시설	총80만드럼	경주시 양북면	1단계(10만드럼) 완료
양성자가속기연구센터	1GeV	경주시 건천읍	1단계(100MeV) 완료
한국전력기술	2,200여명(약 12만㎡)	김천시 율곡동	원전 설계
한전KPS 원전종합서비스센터	300여명(약 3.3만㎡)	경주시 외동읍	원전 유지관리, 보수
원자력마이스터고, 원전인력양성원		울진, 경주	원자력인력양성

(1) 원자력발전소

국내 유일의 캔두(CANDU)형 중수로 4기와 경수로 2기가 경주에서 운영

중에 있으며, 중수로형인 월성 1호기를 2019년 12월에 발전을 정지하기로 결정했다. 한울 원전은 가동 중 원전 6기와 건설 중 원전 2기가 가동하게 되면 모두 8기로 870만kW 설비용량이 될 예정이며, 에너지 전환정책의 일환으로 중단된 신한울 3,4호기까지 건설된다면 1,150만kW로 경북은 이미 세계적인 원전 밀집 지역이 된다.

(2) 한국수력원자력(주)

국내 전력의 약 30%를 생산하는 국내 최대의 발전회사로 원자력발전소 건설·운영 및 수출을 추진하고 있으며, 경주시 양북면 장항리 일원에 본사가 위치하고 있다. 미국의 주요 도시나, 포항, 울산 등의 경우와 마찬가지로 경주는 한수원 본사, 원자력환경공단 등과 함께 이미 원자력 기업도시로서 성격을 갖추고 있다고 할 수 있다.

(3) 한국원자력환경공단과 중·저준위방사성폐기물처분시설

「방사성폐기물관리법」에 의거 '09년 1월 설립하였으며, 원자력발전 과정에서 필연적으로 발생하는 방사성폐기물에 대한 투명하고 안전한 관리를 목적으로, '17. 10월 신사옥을 건축하여 현재 경주시 서악동에 본사가 위치하고 있다

「중·저준위 방사성폐기물처분시설 유치지역 지원에 관한 특별법」 제정 후 주민투표를 통해 경주시에 유치된 중·저준위방사성폐기물 처분시설은 2015년 8월에 동굴처분방식으로 1단계 사업(10만 드럼)이 완료되어 중·저준위방사성폐기물을 처분 중에 있다. 2단계 사업(12.5만 드럼)을 표층처분방식으로 현재 건설 중이며, 향후 처분시설의 규모를 총 80만 드럼으로 단계별로 증설할 계획이다.



그림 8. 월성원자력 본부(좌), 한국수력원자력 본사(중), 한국원자력환경공단(우)

(4) 양성자가속기연구센터

양성자가속기연구센터는 정부 주도로 전략기술을 집중 개발하기 위한 21세기 프론티어 연구개발사업의 일환으로 구축되었다. 100MeV 양성자가속기는 국내 독자기술로 미국, 일본에 이어 세계 3번째로 개발에 성공한 대용량 가속기로서 다양한 분야의 융합·창조적 연구개발에 필요한 최적의 양성자 및 이온 빔 서비스를 제공함으로써, 기초원천 연구개발과 응용 기술개발 및 신산업 창출에 기여할 것으로 기대되고 있다. 현재 양성자가속기연구센터 1단계 사업이 2013년에 완료되어 운영 중에 있으며, 2단계 사업은 국가주도로 시행할 계획에 있다.



그림 9. 중·저준위 방사성폐기물 처분시설(좌) 및 양성자가속기연구센터(우) 예상도

(5) 한국전력기술과 한전KPS 원전종합서비스센터

한국전력기술은 원전 종합설계와 원자로계통 설계 기술을 보유하고 있는 세계적인 회사로서 2015년부터 경북 김천에 위치하여 현재 2,300여명의 인력규모로 지역혁신을 이끌고 있다. 한전KPS 원전종합서비스센터는 경주시 외동읍에 위치하며 원자력발전소의 핵심설비에 대한 정비 및 엔지니어링 업무를 담당하고 '19년 3월에 개소식을 갖고 본격적인 운영에 들어갔다.



그림 10. 한국전력기술 전경(좌) 및 한전 KPS 원전종합서비스센터(우)

(6) 원자력인력양성 : 마이스터고, 원전현장인력양성원

경상북도는 원자력 전문인력 양성에도 힘을 쏟고 있다. 현재 원자력 현장기능인력을 양성하고 있는 원자력 마이스터고, 경주 글로벌 원전기능인력양성사업단(GNTC), 전문인력을 양성하는 포스텍, 영남대, 동국대(경주), 위덕대 등에서 기능인력 및 학·석·박사 등 원자력 전문 인력을 매년 배출하고 있다.

지금까지 도에서 배출된 원전기능인력과 원전전문인력을 살펴보면 매년 255여명으로 1,405여명이 교육을 수료했다. 이들의 취업실태를 살펴보면, 2018년 기준 해당 4개 대학의 평균 취업률은 72%, 연구논문 905건을 발표한 바 있다. 국내 대학 평균 취업률을 웃도는 수준이며, 마이스터고와 GNTC를 통해 원자력 주요기업 및 유망 중소기업 등으로 취업 하고 있다. 또한 경주 감포읍 일원에는 원전산업 현장인력 저변확대와 수출 및 국내 원전의 현장인력 안정적 확보, 원전관련 기업체 근무자 재교육 등 원자력산업 인력양성을 담당할 『원전현장인력양성원』이 2019년 7월에 완공하여 운영 중에 있다.

나. 정부의 원자력정책에 따른 경북의 현황

(1) 원전 입지에 따른 지역경제 효과

원전 건설은 계획부터 준공까지 약 10년 이상 소요되는 대형 프로젝트로 시공단계에서 대량의 건설인력이 요구되는 만큼 건설 현장과 인접한 지역사회에 많은 인력의 고용창출 효과를 가져오게 된다.

표 6. 2014년도 신한울 1·2호기 건설현장 인력고용 현황 (단위: 명)

구분		주변지역출신	타지역출신	계
한수원		11 (5%)	214	225
시공업체	직 원	59 (16%)	310	369
	근로자	85 (87%)	23	98
	소 계	144 (31%)	323	467
기 타 업 체		543 (30%)	1,274	1,817
계		698 (28%)	1,811	2,509

특히 원전 건설은 약 620만명(APR1400기준)이상의 연인원이 투입되는 대규모 투자사업인 만큼 건설인력에게 지급되는 임금과 지역 업체의 직·간접적인 공사 참여 등으로 지역경제 활성화에 큰 기여를 한다. 이러한 지역업체의 원전 건설공사 직·간접적 참여에 의한 지역경제 활성화와 고용확대를 통해 지역주민의 소득증대에도 크게 기여하였으며, 운영기간 중에는 지역주민의 고용과 지방세수의 증대로 재정자립도 확충에 많은 기여를 하고 있다.

표 7. 2014년도 지역업체 원전건설 공사 참여현황

구 분	신고리 #3,4		신한울 #1. 2	
	참여건수	규 모	참여건수	규 모
건설공사	6개	12억원	6개	18억원
기자재납품	2개	8억원	50개	44억원

또한 운영기간 중에도 지역주민 고용증대에 많은 기여를 하고 있다. 고도의 기술성과 전문성이 필요한 원전 운영의 특수성으로 일부지역에 국한된 지역주

민의 고용만으로는 인력을 충원하는데 한계가 있으나, 지역 인재 채용에 따른 가산점 부여, 일정 규모이상의 지역인재 채용과 기능직, 별정직 등의 직종에 해당 지역주민을 우선적으로 채용하고 있다. 2014년 말 4개 원전본부 근무자는 총 9,694명(한전KPS 포함)중으로 약 16.4%인 1,602명이 주변지역 주민이다.

원자력발전소 운영단계에서는 원전본부별로 약 1,800~2,200명 정도의 상시 운영인원이 근무하게 됨으로써 이들에게 지급되는 임금의 대부분이 해당지역에 유입되어 지역경제에 상당한 기여를 하고 있는 것으로 나타난다.

특히 지방세수 증대를 통한 재정자립도 확충은 지방자체단체의 주요 관심사로 원전에서 납부하는 지방세는 해당 자치단체 전체 세수의 상당부분을 차지하고 있어 지방재정 확충에도 많은 기여를 하고 있는 것으로 드러났다. 2015년 4개 원전 본부의 지방세 납부실적은 약 2,412억원으로, 해당 지방자치단체 전체 세수의 29.2%정도인 것으로 나타나고 있으며, 특히 경북 울진의 경우 원자력발전으로 인한 지방세는 67,161백만원으로 전체 세수의 65.6%에 이르고 있다. 세금 수입의 절반 이상을 원전 지역본부가 총당한 것이다.

표 8. 2015년도 원자력발전소별 지방세 납부현황 (단위 : 백만원)

구 분	한수원	한전KPS	계(A)	전체지방수(B)	비율(%) (A/B × 100)
고리	66,700	902	67,602	436,064	15,5
한빛	59,567	918	60,485	90,909	66,5
월성	45,625	416	46,041	197,610	23,3
한울	66,748	413	67,161	102,269	65,6
합계	238,640	2,649	241,289	826,852	29.2

또 한울 원전 건설 이후 한 해 세금 수입이 약 40% 증가해 6,000억 원을 기록했는데, 이는 원전이 가동되는 한 매년 지속적으로 발생하기 때문에 지자체로서는 포기하기 어려운 수입원이다. 이 돈으로 원전지역 지자체는 다양한 사업을 추진하고, 주민들을 위한 복지 혜택을 만든다.

또한 원전과 같은 거대한 규모의 산업 시설이 들어서면 상하수도 보급률이 높아지는 등 사회 인프라가 확장되고, 이는 인구 증가로까지 이어지면서 지역

기업 활성화 및 고용 창출 효과를 내기도 한다.

특히 경주의 경우는 원전 건설, 운영 뿐 아니라 방사성폐기물처분장의 건설과 운영에 따른 지역개발과 특별지원금에 따른 지역 경제 활성화와 각종 지역지원 사업 효과 그리고 방폐물 처분장 운영으로 인한 반입수수료와 지역지원사업의 파급 효과가 기대된다. 또한 한수원 본사 이전에 따른 인구유입 효과와 한수원 협력업체 입주로 인한 생산유발효과, 고용유발효과 등 원자력산업에 따른 경상북도 전체의 경제 활성화 파급효과는 매우 긍정적인 영향을 미치고 있다.

(2) 탈원전 정책에 따른 지역경제 영향

정부는 최근 에너지전환 정책 일환으로 경주의 월성 1호기 수명연장 취소, 신한울 원전 3,4호기와 천지와 대진 원전 등 신규 6기의 원전 건설계획을 중단시켰다. 또한 가동 원전의 단계적 폐로를 예고하였다. 이는 향후 10년 이내에 수명을 다하게 되는 월성2호기(2026년), 월성3호기(2027년), 월성4호기(2029년), 한울1호기(2017년), 한울2호기(2028년) 등 월성 1호기를 포함, 총 12기중 6기의 원전이 폐로 될 예정으로, 지방세수의 감소 등 재정적 손해 외에도 한수원 등 원자력관련 기업의 위축과 일자리 감소, 지역경제 위축 및 지역지원사업의 축소 등으로 지역의 사회적, 경제적 피해 규모가 클 것으로 판단된다.

한 연구에 따르면 정부의 탈원전 정책에 따라 가장 큰 피해를 입는 경북지역의 총 손실효과는 기회비용이 2조 604억원, 갈등의 사회적 비용이 2조 3,592억원으로 총 손실비용이 4조 4,197억여원에 달할 것으로 추정하고 있다.

표 9. 3개 원전지역의 총사회적 비용

지 역	기 회 비 용	갈등의 사회적 비용
경 주		1조 7,902억 6,500만원
울 진	건설시: 6,018억 553만원, 운영시: 4,284억 2,760만원	4,289억 2,000만원
영 덕	건설시: 6,018억 553만원, 운영시: 4,284,2760만원	1,400억 7,000만원
합 계	2조 604억원 (각 1조 302억원)	2조 3,592억 5,500만원
경북 원전지역의 총 사회적 비용 : 4조 4,197억 2,126만원		

다음은 경북 2018 원자력안전클러스터 포럼에서 탈원전에 따른 경북 원전지역의 피해를 분석한 『원전정책 변화에 따른 원전지역 사회경제적 피해분석』 연구 결과를 인용한 것이다.

① 경주시

경주시는 현재 6기의 원전이 가동 중이며, 신규 원전 건설이 없으므로, 이의 중단에 따른 기회비용 산출은 제외하였으며, 가동 원전 중단에 따른 사회적 갈등비용만을 산출하였다. 월성1호기를 제외한 원전 5기의 운영으로 인한 지역경제 파급효과를 2,025억원으로 추정하였으며, 2017년 기준, 경주의 갈등사회적 비용은 지역총생산액(GRDP) 대비 2%를 적용한 1,926억원으로 추정 2036년까지 합계가 1조 7,902억원에 이를 것으로 추계되었다. 한편 언론(대경일보, '18. 6.17)에 따르면 월성1호기의 조기 폐쇄로 인해 2022년까지 각종 지원금 432억원(지역자원시설세·법정지원금)정도가 줄어들고, 상생합의금 1,310억원 중 미지급금 485억원 손실, 관련 종사자 500여명의 일자리 감소 등 지역경제가 타격을 입을 것으로 분석하고 있다.

② 울진군

울진군은 총 6기(한울 1~6호기)의 원전이 가동되고 있으며, 2기의 원전(신한울 1, 2호기)이 건설 완료를 앞두고 있다. 신한울 3, 4호기는 실시설계허가 승인을 앞둔 상황에서, 정부의 에너지 전환정책에 따라 중단된 상태이다.

기회비용은 2019년부터 원전의 건설이 이루어지는 원래의 정책에 따라 2026년까지의 원전건설에 따른 지역경제에 대한 낙수효과, 2027년부터 60년간 원전 운영 시 발생하는 인건비와 용역비, 구매대금 등 지역 경제에 미치는 파급효과로 추정하였으며, 원전 건설기간 중 지역 내에서 발생하는 소비는 현재 연간 900억 3,000만원으로 추정하였다. 원전 운영 단계에서 발생하는 지역의 경제적 이익은 인건비 약 183억 7,000만원, 용역과 공사 구매 대금 210억 1,000만원으로 연간 약 393억원에 해당하고, 이는 운영기간 60년 동안 물가 상승에 따라 매년 증가할 것

으로 추정한다.

또한 사회적 갈등비용은 2015년 울진의 지역총생산액(GDP)인 2조3,702억원의 2%인 461억원으로 추정 2036년까지 합계가 4,289억원에 이를 것으로 분석하여, 지역총생산액 대비 제조업 비중이 경주(43.1%)에 비해 울진(1.465)이 매우 낮기 때문에 원전정책 변화에 따른 지역경제의 영향이 경주보다 더욱 클 것으로 예상하였다.

③ 영덕군

영덕군은 2012년 전원개발사업 예정구역이 지정 고시되어, 제7차 전력수급기본 계획에 2기 건설이 확정되었으나, 에너지전환 로드맵에 따라 건설 사업이 중단 되어 현재 토지보상이 18.9% 진행된 상황이다.

영덕군의 기회비용은 2기의 원전의 건설이 이루어진다고 가정하였을 때 원전건설 기간 중 지역 내에서 발생하는 소비 900억 3,000만원과 운영단계에서 연간 약 393억 원으로 운영기간을 60년으로 가정하였을 때 울진군과 동일하게 추정되었다. 사회적 갈등의 사회적 비용은 영덕의 지역 총생산액(GDP) 대비 2%로 산정 시 연간 151억 정도로서 향후 20년간 1,400억 7,000만원으로 추정되며, 지역 제조업의 비중(5.15%)이 울진보다는 높고 경주보다는 많이 낮아, 원전정책 변화에 따른 지역경제의 영향이 경주보다 크고, 울진보다는 적을 것으로 예상하였다.

2. 전라남도 현황

가. 원자력 산업시설의 현황

국내원전 24기중 영광군 흥농읍 일원에 6기의 원자력 발전소가 가압경수로 방식으로 발전되고 있으며 총 설비용량은 5900MW이며, 국내 총 전력설비용량의 6%, 국내 총 원전설비의 26%를 차지하고 있다.

나. 정부의 원자력정책에 따른 전남의 영향

정부의 에너지전환 정책으로 인한 한빛원전 해체를 대비한 중앙정부차원의 대책과 관련하여 경상북도 등 동해안 원전주변 지자체에서는 해체대비 대책을 오래전부터 준비하여 추진하고 있으나, 전라남도와 영광군은 최근에 한빛원전 1,2호기 해체 대비 준비를 하고 있다.

제 4절 지역별 대응 전략 제언

1. 경상북도

경북은 국내 최대 원전의 집적지이다. 국내 24기의 원전 중 12기가 가동 중이며, 2기가 건설 중이다. 또 중저준위 방사성폐기물 처분장과 한국수력원자력, 한국원자력환경공단, 한국전력기술, 한전 KPS 원전종합서비스센터 등이 위치하여 그야말로 원자력산업의 허브라 할 수 있다. 에너지전환 정책에 따라 비록 국내 원전의 비중은 축소된다고 보더라도 현실적으로 원자력산업은 경북의 지역특화 산업으로 존속될 것으로 보인다.

따라서 원자력산업의 발전과 침체는 곧 경북지역 경제에 직접적으로 영향을 미칠 수 밖에 없으며, 이에 에너지전환 정책 기조하에서도 원자력산업과 지역이 상생 발전할 수 있는 경북도 차원의 전략이 필요하다.

가. 원자력 안전성 확보를 위한 기술 R&D 집적단지 조성

원자력에너지는 성공적인 신재생에너지 확대를 위한 기저부하 전력으로서도 가격변동이 심하고 수출에 의존할 수 밖에 없는 가스발전에 비해, 보다 경제적이며, 에너지안보 차원에서 적당하다. 따라서 원자력에너지의 비중을 일정부분 지속적으로 추구할 수 밖에 없다는 것이 우리가 처한 현실이라 할 수 있다. 따라서 경북권내 원전은 상당기간 운영될 수 밖에 없다 하겠다. 그러므로 어느 에너지원보다 효율적이고, 탄소배출이 적으며, 환경에 영향이 적을 뿐 아니라 원료 수입을 제외하고는 국내에서 생산되는 에너지로서 이미 세계적으로 경쟁력 있는 우수기술을 가진 한국이 탈원전해야 할 단 하나의 이유가 “안전성”의 문제라면, 이를 극복하기 위한 부단한 기술의 개발과 연구가 필요한 것은 당연하다.

원자력 발전에 대한 해외현황을 보아도 독일, 대만 등 탈원전 정책을 추진하고 있는 일부 국가에서는 점차 전력요금 상승, 전력망의 공급 불안정성 증가의 문제가 표면화되고 있으며, 원전 선진국과 신흥국인 영국, 중국 등의 국가는 원전 건설 프로젝트를 계속 추진하고 있다. 일본은 후쿠시마 사고 이후 중단되었던 원전을 가동 재개하였으며, 유럽과 미국은 차세대 원자력시스템과 소형 모듈 원자로(SMR) 개발을 지속하고 있다.

또한 대부분의 선진국들은 원전 기술의 유지와 보전을 위해 가동원전의 안전성 향상을 위한 연구개발을 다음과 같이 추진하고 있다.

표 10. 국제 원전 안전연구 동향

국가	원전 안전 연구 현황
미국	<ul style="list-style-type: none"> · 가동 원전 안전성 강화, 신규 원전 개발, 핵연료관리 주기 개발, 핵물질 통제기술개발 · 소형 모듈 원전 개념 개발, 고온가스로 개발, 핵연료 재처리 기술 개발 등
EU	<ul style="list-style-type: none"> · 가동 원전 안정성 강화, 신규 원전 개발, 방폐물 관리 기술, 방사선 방호 기술, 인프라 지원 및 인력양성 등 · 중대사고 예방, 완화, 방사선 대처 설계 기술, 제4세대 원전 개념 설계 개발 및 핵 융합 사업
일본	<ul style="list-style-type: none"> · 중대사고 대처 등 원전 안전성 강화 기술, 효율 향상 원전 운영 기술, 방사성폐기물 최종처분 종합 기술 분야 · 핵융합 기술, 재처리시설 검증 실험, 방사능 독성 저감용 핵종 변형 기술 개발 등
러시아	<ul style="list-style-type: none"> · 후행 핵주기 기반 고속로 개발, 중소형 원자로 개발, 경수로 성능 개선 등 원전 안전성 강화, 장기적으로 핵융합 개발 추진
중국	<ul style="list-style-type: none"> · 운영 원전 안전성 강화, 기존 신규 원전 지속 개발 추진 · 개량형 원전 및 일체형 소형 경수로 개발, 원전 복합 재해 대비 능력 향상 기술 개발

이와 같이 무엇보다 안전을 중요시하는 에너지 패러다임에 따라, 원자력 안전 중심의 정책 실현이라는 목표는 원전 현장 연계·현안해결·산업수요 중심의 실증연구를 수행하는 원자력 R&D 플랫폼 구축과 관련시설의 집적화를 필요로 한다. 그런데 이러한 필요에 가장 적합한 지역이 바로 국내 원전의 절반이 위치하고, 중·저준위 방폐장이 위치한 경북이라 할 수 있다. 따라서 지금까지 국가 원자력산업의 요충지였던 경북은 그동안 일관되게 추진해온 동해안 원자력클러스터 사업을 안전 중심의 원자력 R&D 집적지 조성으로 전환하고, 원자력산업의 특화 밴드로 변모할 필요가 있다.

국내의 어느 지역도 담당하지 못하는 원자력산업 밴드로서 원자력기술과 인력을 지역에 집적하여, 국가의 안정적 에너지 공급에 기여할 뿐 아니라, 안전 우려가 있는 현장 인근에 원자력관련 안전기술 연구와 방재기능 등을 집적하여 원자력을 수용한 지역주민의 안전을 보장하고, 원자력산업의 수출화와 경쟁력 제고 그리고 지역이 지속적으로 성장하는 동력을 만들어 내야 한다.

현재 대전 원자력연구원 본원의 경우 도심화와 연구시설 포화로 신규 연구시설

을 수용할 수 없어, 대형기술 실증시설 기반의 신규 연구단지 조성이 요구되고 있는 상황이다. 경북은 경주에 이미 국제적 원자력 R&D 집적지 조성을 지속적으로 추진하여 왔으며, 본 대상지는 원자력산업의 중추적인 역할을 하고 있는 한국수력원자력과 원자력환경공단이 인접하고, 중저준위 방폐장과 원전과도 접근성이 우수하다는 점에서 최적의 여건을 갖춘 것으로 평가되고 있다. 또한 지역 대학과 양성자가속기, 방사광가속기 등 관련 연구기관과의 협업을 통한 시너지 창출과 포항, 영덕, 울진 그리고 울산을 연결한 원자력산업 밴드 구축에도 유리할 것으로 판단된다.

신규 원자력 R&D 단지에는 ① New원자력 연구 ② 원전해체기술연구 ③ 방사선융합기술연구 ④ 가동원전 안전 강화 ⑤ 원자력과 재생에너지 하이브리드 기술 ⑥ 원전운영의 IT융합기술 ⑦ 사용후핵연료의 안전관리 기술 ⑧ 원자력방재기술 등에 대한 다양한 연구시설이 집적되어야 한다. 또한 원자력 관련 산업체 기업연구소의 연계 또는 이전을 적극 추진함으로써, 세계적인 원자력 R&D 집적지로 육성하는 전략이 필요하다.

따라서 이러한 연구기능 중 하나인 폐로 연구기관을 경북이 우선적으로 선점하여 설립(유치)하고, 경북지역에 위치한 원전기관들을 폐로와 연계하여 원전폐로를 산업화하는 방향을 모색하는 것이 중요하다.

또 신규 원자력 R&D 단지를 중심으로 원자력시티를 조성하되, 원자력관련 사고를 전문으로 방재하고, 대응할 수 있는 방재기관을 설치하도록 하고, 일본 등 동아시아의 인근 국가들과 원자력 사고에 함께 대처 할 수 있는 방재 협력 체제를 구축할 필요도 있다.

경주는 우수한 역사문화재와 함께 이러한 국제적인 협력과 교류를 이뤄낼 수 있는 마이스 도시로서 역량을 갖추고 있으며, 원자력 R&D 집적화에 따라 연구원들이 관련 기업 및 연구자들과 식사나 음주, 혹은 골프 같은 운동을 통해서도 교감할 수 있고, 정보와 정서를 교환할 수 있는 정주여건을 조성하여, 지역주민과 기업, 그리고 연구기관과 공공 기관, 인력양성기관 등 원자력관련 기능들이 함께 시너지를 창출할 수 있는 플랫폼 구축을 위해 노력하여야 한다.

원자력은 에너지 안보와 안정적인 전력 에너지의 공급은 물론 한 국가의 기술 수준을 나타내는 국격의 기술로서, 탈원전 정책하에서도 국내 원전의

안전 운영과 세계 원자력시장의 경쟁력을 확보하기 위해 원자력 기술의 유지·보존이 국가의 중요한 정책으로 다루어져야 할 것이다.

경북의 원자력 R&D 집적화는 에너지전환에 따른 원전비중의 축소 정책 하에서 원자력산업의 국가 기술 유지와 발전, 인력양성에 기여할 뿐 아니라, 지역 특화산업인 원자력산업과 한수원, 원자력환경공단, 한국전력기술(주), 한전KPS 등 원자력관련 기관·기업의 상생발전과 인구유입, 지역 경제 활성화 및 국가의 지속적 성장을 위한 동력을 마련하는 방안이 될 것으로 기대한다.

나. 장기적 차원의 에너지 분권화와 전력시장 자유화 등 제도개선

지방자치 도입 이후 지방분권화 개헌을 추진하면서, 화력 발전이 밀집된 충청권과 인천권을 중심으로 현행 중앙정부 주도의 에너지정책 분야도 지방정부의 권한과 참여를 확대하고 협치하는 방향으로 전환해야 한다는 주장이 제기되고 있다. 이와 함께 경북도도 원자력산업과 관련한 경북도의 권익을 관철하기 위해 선제적인 법제도 개선 노력이 필요하다.

재생에너지의 확대는 집중 대량생산 방식으로부터 수요지 인근에서 전력을 생산, 소비하는 분산형 전력시스템의 확대를 필요로 한다. 따라서 전력수급계획에 시민들이 참여할 수 있도록 길을 터주고, 자치단체가 에너지정책을 수립할 수 있도록 권한과 책임을 나누는 에너지 분권화가 필요하다. 이로써 지자체는 지역 특성에 맞는 발전 설비를 활용하여 전력을 생산하고, 지역 내 전력수요를 충족시키게 되며, 또한 분산형 전원 설치에 따른 토지확보 문제, 주민수용성과 갈등 해소 등에도 보다 효율적으로 대처할 수 있을 것으로 기대된다.

에너지 분권화로, 경북은 지역에 밀집하여 상존하는 대규모 원자력 전력의 특성에 적합한 집중형 전원 체계를 중심으로 분산형 전원 체계를 연계하고, 지역 생산 전력을 지역에 우선공급하는, 안정적이고 경제적인 공급망을 확보하여, 이를 에너지 소비가 많은 산업의 유치와 기업 지원 등에 장점으로 활용함으로써 지역주민의 저렴한 에너지비용과 지역경제 활성화를 도모할 수 있다. 그러므로 경북도 차원에서 경북의 특성에 적합한 지역 에너지정책과 수요 공급시스템을 결정할 수 있는 에너지 분권화를 위한 제도적 개선 노력이 필요하다.

또한 한국전력이 독점하고 있는 현재의 전력 판매 시장을 원전과 같이 대용량 기저부하 발전원의 경우는 대용량 수용가와 시장 거래가 가능한 전원 공급 체계로 구성하여 독립 발전사업자로서 대용량 수용가와 직접 계약으로 전력을 공급할 수 있도록 전력시장을 자유화하여 국가 전력 설비 운영의 효율화를 도모하고, 원전의 경제성을 어필할 필요가 있다. 이것은 에너지 다소비 산업체의 안정적인 에너지 공급에도 유리한 요소로 작동되어 경북 원전지역의 산업체 유치와 기업 육성에 보다 도움이 될 것으로 생각된다.

그리고 경북지역에서 생산한 전력을 원거리 소비도시와 차등하여 원전 지역주민이 보다 저렴하게 사용할 수 있도록 전기요금 거리병산제를 도입하고, 발전에너지원별 생산가를 전기요금에 반영하여, 전력 소비자가 에너지원별 전력을 자율적으로 선택할 수 있도록 전력요금 체계의 변화를 주도하여야 한다.

아울러 울진, 영덕 원전 건설 취소와 월성 1~4호기 조기 정지에 따른 중단기적 지역경제 손실에 대하여 제도적으로 보상하는 방안을 마련하도록 입법 활동을 강화하여야 한다.

이와 같이 경북 지자체 차원에서 지역 생산 전력의 경쟁력 확보로 원자력산업의 지속적인 성장을 도모하고, 에너지공급 체계에 대한 지자체와 지역주민의 참여가 확대되고, 자율적인 에너지 정책 결정과 지역에너지 계획수립의 보장으로 지역의 이익을 도모할 수 있는 에너지 분권화를 위한 제도적 장치 마련을 위한 연구와 준비 그리고 보다 적극적인 입법 활동이 필요하다.

한편 국내 전력시장에서 성장의 한계를 맞고 있는 원자력에너지의 어려움을 극복하기 위해서 지자체 차원의 적극적인 해외 시장 진출과 이를 위한 국내 원자력산업의 구조적 변화도 모색되어야 한다.

지금까지 건설 사업 위주의 설계 엔지니어링 산업을 발전 운영자와 결합하여 발전소 운영 기술과 패키지화한 설계 엔지니어링으로 수출 경쟁력을 강화하고, 원전 운영에 설계 엔지니어링의 고급 기술을 지원함으로써 국내 원전의 안전 운영도 도모할 수 있다. 경북은 원전플랜트 설계에 세계적인 노하우를 가진 경북의 한국전력기술(주)와 한국수력원자력을 연계하여 원전수출을 정부차원이 아닌 지방자치단체에서 추진하고, 원전설계와 건설의 해외수출과 영구정지 폐로 기술의 해외시장 수출을 주도하고, 이를 통해 경북지역 인력들의 해외진출도 도모할

필요가 있다

원자력산업계는 3D 프린팅기술을 접목한 주문형 다품종 기기 생산·공급 체계를 구축, 경북의 강소기업을 육성·지원하고, 공기업 중심의 원전정비 지원 체계를 개방하여, 기기공급자도 직접적인 정비 지원이 가능하게 하는 등 원자력산업구조 변화를 통한 경북지역 원자력기업 육성을 위해 노력하고, 경북은 이를 적극 지원함으로써, 경북을 국가적인 원자력산업 밴드로 특화하여 원자력산업과 경북이 상생 발전할 수 있도록 협력하여야 한다.

다. 원자력산업 플랫폼 구축을 통한 원자력클러스터 완성

원자력 산업분야는 그 어느 분야보다 사회적 수용성 제고가 요구되는 특수성으로, 원자력기업, 기관, 언론, 주민과의 다양한 커뮤니티와 네트워크 연결이 중요하다. 탈원전을 중심으로 한 에너지정책의 변화는 경북에 위치한 한국수력원자력과 한전KPS, 한국원자력환경공단, 한국전력기술(주), 양성자가속기연구센터 등 원전관련 기관(교육기관 제외)에도 규모 축소, 입지 불안정 등 기관 존립에 대한 위기감을 낳고 있는 가운데, 이를 극복하기 위한 새로운 방향을 모색하게 하고 있다. 그동안의 경제적 전력 공급 위주에서 사회적 합의의 중요성을 더욱 염두에 두게 된 것이다. 경북지역은 이러한 환경에 부응하여 원자력산업 각 기능들이 소통하고, 협업할 수 있는 플랫폼을 구축하여야 한다.

이를 위해 경북에서는 지역의 원자력기관, 기업, 대학, 연구원 등과 시민 등이 함께 참여하는 타운홀 미팅(Town hall meeting)을 정기적으로 운영할 필요가 있다. 이를 위해 원자력산업협의체를 구성하는 것도 검토할 만하다. 그래서 관련 세미나 회의 등을 개최하고, 원자력 관련 정책의 다양한 이슈들에 대한 합리적인 방안을 제시하며, 각종 원자력사업 추진과 관련하여 주민의사결정 정보를 투명하게 제공함으로써 지역주민과 국민의 지지가 원자력사업의 원동력이 되도록 해야 한다. 즉 원전에 대한 혜택과 예상 피해 등에 대하여 분명하고, 일관적이며, 객관적인 자료를 제시함으로써 주민 스스로 정책 결정에 참여할 수 있도록 하는 것이 중요하며, 이때는 기술적인 측면 뿐 아니라 인문학적, 사회과학적인 차원에서 지역주민이 쉽게 이해할 수 있도록 간단하고 명료한 자료를 작성하여, 충분하고 솔직한 소통으로 상

호 신뢰를 제고하는 것이 무엇보다 중요하다.

여기에는 원자력에너지의 필요성을 가장 잘 알고 있는 전문가들이 주민에게 이를 정확하고, 이해하기 쉽게 이해시킬 수 있도록 원자력전문가들의 역할도 필요하다. 전문가들의 대주민 접촉(소통)을 강화함으로써 소통기회를 확대하고, 원자력에 대한 정확하고 올바른 정보를 투명하게 제공하여 사회적 이해도를 높여가야 한다. 여기에 지역 내 상주하는 퇴직 원자력전문가들의 적극적인 활용이 효과적 방법이 될 수 있다. 또한 원자력을 다루는 언론들에 대하여도 진정성을 갖고 정확하고 올바른 정보를 제공함으로써, 균형감 있는 정보가 언론에서 다루어지고, 긍정적인 메신저 역할을 할 수 있도록 신뢰를 구축하도록 노력해야 할 것이다.

경북은 원자력산업 플랫폼을 통해 원전 관련 지역갈등을 완화시키고, 주민들의 막연한 불안감을 줄일 수 있도록 안전에 관한 시설투자와 홍보에도 노력을 기울여야 한다. 주민들이 원자력발전 및 관련시설의 유지 관리 등에 적극적인 의견을 개진하고, 원자력산업과 주민들이 더불어 상생발전 할 수 있는 대안을 찾아 협업할 수 있도록 지원하면서, 동시에 천혜의 자연환경과 원자력 관련시설이 공존하는 관광(휴양) 코스를 적극 개발하여, 원자력의 기술적 발달상과 안전 운영 현황을 투명하게 공개함으로써, 이를 홍보 및 교육의 기회로 활용하고, 대중의 신뢰 속에, 원자력산업과 지역이 발전하는 방안을 모색하여야 한다.

또한 미래 세대들에 대한 잠재적 사회적 수용성 제고를 위한 지역차원의 교육적 노력도 간과해서는 안 된다. 교육과정에 전력 에너지원, 국가에너지 정책과 수급 현황 내용을 포함하고, 매스컴의 뉴스나 특집보도, 인터넷 설명자료, SNS를 통한 정보교환, TV, 언론, 영화 등 미디어를 통해 원전의 혜택과 필요성에 대해 왜곡되지 않은 올바른 정보가 제공될 수 있도록 콘텐츠의 개발과 보급 등이 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

그리고 원전으로 인한 지역사회 기대효과를 극대화하기 위해서는 원전 주민의 혜택 강화를 위한 아이디어 개발에도 적극 나서야 한다. 현행 도로개설, 공공체육관, 마을회관 증축, 양로원 개설, 유치원 개설 등에 치우친 지역발전기금이나 원전지역 지원사업 등은 원전의 혜택 여부에 대한 인지도가 낮아, 주민의 체감 효과가 미흡한 편이다. 따라서 건강검진, 병원비 일부 지원, 자녀교육비 지원, 전기요금 혜택, 문화행사나 여행자금 지원 확대, 지방세 일부 지원, 유류비나 교

육비 지원, 융자금의 이자보상, 고층해소 서비스 확대, 주변지연 원자력 사고에 대한 보상 보험 개발 등 주민 체감형 사업을 확대할 수 있도록 적극적인 아이디어 개발이 필요하다.

2. 전라남도

정부의 「에너지전환 로드맵('17.10)」에 따라 노후원전 수명연장 금지로 한빛원전 1,2호기가 향후 5~6년 이후에 가동이 정지하게 되면 지역세수 감소, 방사성 폐기물 처리, 사용후 핵연료 보관 및 처리문제로 인한 현안 발생 등 지역 사회에 부정적인 영향이 발생할 것으로 전망이 되지만 아직까지 전라남도와 영광군 차원에서의 한빛원전 폐로에 대비한 구체적인 계획이 수립되어 있지 않고 해체이후 지역경제를 활성화 할 수 있는 대안사업 개발을 할 수 있도록 이해관계자(한수원, 영광군, 전라남도, 중앙정부, 시민단체 등)들의 다각적인 노력이 요구되며, 지난 정부(2015년6월)에서 결정했다가 전면 재검토하게 된 고준위폐기물(사용후 연료 등)처분에 대한 중앙정부차원의 정책결정에도 적극 참여하여 지역경제 활성화에 대한 대안으로 고려해야할 것으로 판단됨.

3. 사용후핵연료 관리방안

가. 국내 사용후핵연료 중간저장시설 및 포화도

사용후핵연료의 소내 임시저장 용량의 포화 문제는 시급한 현안 과제로 지금까지는 근본적인 대책의 수립에 의해서 이 문제의 해결을 시도했다기보다는 포화가 예상 될 때마다 가용한 방법을 동원하여 임시방편적으로 대처해 온 것이 사실이다. 이 문제에 관한 정부 대책은 표 2로 요약한 98년 9월의 제 249차 원자력위원회 의결사항이라 할 수 있다.

표 11 사용후핵연료 관련 원자력위원회 의결사항

차 수	정책 내용
제249차	◎ 소내 저장 능력을 확충하여 2016년까지 각 원전 부지 내에서

<p>(1998.9.30.)</p>	<p>관리</p> <ul style="list-style-type: none"> - 원전별 조밀 저장대 설치, 부지 내 호기 간 이송 저장, 건식 저장소 추가 건설 등으로 저장 능력 확보 - 중간저장시설이 운영될 경우 단계적으로 이송하여 집중 관리 <p>◎ 방사성폐기물 종합 관리 시설 부지는 중저준위폐기물 처분 시설과사용후핵연료 중간 저장 시설 등을 수용</p> <ul style="list-style-type: none"> - 중간 저장 시설은 2016년 준공 목표로 2008년 건설 착수
<p>제253차 (2004.12.17.)</p>	<p>◎ 중저준위 방사성폐기물 영구 처분 시설의 건설을 우선 추진하여 2008년까지 완공</p> <p>◎ 중간 저장 시설 건설 등을 포함하여 사용후핵연료 관리 방침에 대해서는 국가 정책 방향, 국내의 기술개발 추이 등을 감안하여 중장기적으로 충분한 논의를 거쳐 국민적 공감대 하에서 추진</p> <ul style="list-style-type: none"> - 원전 부지 내의 저장 시설이 2016년부터 포화되는 점을 감안하여 적기에 추진

이 의결에 따라 한수원은 자사 원전부지의 사용후핵연료 임시저장 능력을 확장함으로써 저장용량의 포화시기를 연장할 수 있게 되었다. 또한 이들 각 발전소의 예상 포화년도 이후 발생하는 사용후핵연료에 대한 저장 대책으로 2004년 12월 253차 원자력위원회에서는 중간저장시설 건설 등을 포함한 사용후핵연료 관리 정책에 대하여 중장기적으로 충분한 논의를 거쳐 국민적 공감대 하에서 추진 할 것과 원전부지 내의 저장시설이 2016년에 포화될 것을 감안하여 적기에 추진할 것을 의결하였다. 이에 따라 지식경제부는 국가에너지위원회 산하에 갈등관리전문위원회를 두고 사용후핵연료 공론화를 구성하여 2007년 2월부터 공론화 추진 방안에 대해 20여차례의 논의를 거쳐 중간저장 방안에 대한 공론화를 우선 추진하고 최종 관리 방안은 착수 시점을 달리하여 논의한다는 내용으로 하는 권고 보고서를 작성하였다. 그러나 사용후핵연료의 중간 저장 방안에 대한 공론화는 정부의 공론화 추진 계획의 변경으로 연기되었고, 임시 저장용량 포화 문제의 해결책은 여전히 숙제로 남아있다.

2016년 말 기준으로 국내 원전 각각의 중간저장시설의 포화도는 표 3에 기술하였으며, 한빛 원전과 고리 원전이 2024년, 한울 원전이 2037년, 신한울 원전이 2038년이다. 국내 경수로원전의 총 저장용량을 기준으로 68.9%의 포화도를 보이

고 있다. 중수로 원전인 월성 원전은 소외 건식저장시설을 운영하고 있지만 중수로 특성상 많은 양의 사용후핵연료가 발생함에 따라 81.8%라는 높은 수치의 포화도를 기록하였다.

표 12 국내 원전에서의 사용후핵연료의 발생 및 저장현황

구분		저장용량 (다발)	저장량 (다발)	포화율	예상 포화연도
경수로	한 빛	9,017	5,693	63.1%	2024년
	고 리	6,494	⁶⁾ 5,612	86.4%	⁷⁾ 2024년
	한 울	7,066	¹⁾ 4,855	68.7%	2037년
	신한울	1,046	129	12.3%	2038년
	소 계	23,623	16,289	68.9%	-
중수로	월 성	499,632	408,797	81.8%	2019년

6) 8다발(고리 7, 한울 1)은 한국원자력연구원에서 연구목적으로 보관중.

7) 고리1호기 영구정지('17.6), 부지내 이송 등 사정에 따라 포화년도 변동 가능.

나. 사용후핵연료 관리 기본계획을 토대로 가능한 중단기 시나리오 도출

국내 사용후핵연료 관리정책 수립 여건 및 사용후핵연료의 특성 등을 고려하여, 임시저장을 시작점으로, 영구처분을 종착점⁸⁾으로 하여, 중단단계인 임시저장 확충, 중간저장, 재처리(재활용)를 구성 요소로 하는 잠재 시나리오를 나열하였다. 다만, 기술적 대안(습식/건식등 저장방식)은 구성요소에서 제외하되, 관리방식을 세분할 필요가 있는 경우는 이를 세부요소에 포함하였다.



그림 11. 시나리오 구성 개념도

8) 사용후핵연료는 결국 인간 생활권으로부터 영구히 격리되어야 하는 물질이므로 모든 시나리오의 종착점은 영구처분이 되는 것이 당연하며, 영구처분장의 사용 가능시점에 따라 여러 가지 시나리오가 있음.

표 13 시나리오 세부 구성요소

구성 요소	세부요소	내용	비고
임시 저장	임시저장-기존	한수원의 기존 포화대책 준용	임시(기)
	임시저장-확장	추가 저장시설 건설을 통한 저장용량 확대	임시(추)
중간 저장	분산저장	원전부지 내 복수의 중간저장시설 건설	중간(원내분)
		원전부지 외 복수의 중간저장시설 건설	중간(원외분)
		원전부지 내 및 부지 외 중간저장시설 건설	중간(혼합분)
	집중저장	원전부지 내 집중식 중간저장시설 건설	중간(원내집)
		원전부지 외 집중식 중간저장시설 건설	중간(원외집)
영구 처분	-	인간의 생활권에서 영구히 격리	영구처분

◎ 잠재 시나리오 구성

- 임시(기) → 영구처분

사용후핵연료에 대한 영구처분장이 건설·운영될 때까지 각 원전의 포화 시점(2024년부터 순차적으로 포화 예상)까지의 발생량과 포화시점 이후에서 폐로까지(원전별로 폐로 전까지 영구처분장이 건설되지 않을 경우) 발생된 사용후핵연료 모두를 각 원전 내의 관계시설에 저장하는 시나리오다. 즉, 포화시점이 도달할 때까지 영구처분장이 운영 가능해야 하는 것이 관건이다.

- 임시(기) → 중간(원내분) → 영구처분

각 원전의 포화시점까지의 발생량은 각 원전 내의 관계시설에 저장하고, 각 원전의 포화시점 이후의 발생량은 영구처분장이 건설·운영될 때까지 복수의 원전내 중간저장시설에 저장하는 시나리오다. 포화시점까지 원전내 중간저장시설의 운영가능 여부가 관건이며, 원전 내 중간저장시설은 각 원전에 모두 설치하는 것과 2곳 이상에 설치하는 것을 모두 고려하였다.

- 임시(기) → 중간(원외분) → 영구처분

각 원전의 포화시점까지의 발생량은 각 원전 내의 관계시설에 저장하고, 각 원전의 포화시점 이후의 발생량은 영구처분장이 건설·운영될 때까지 복수의 원전부지 외 중간저장시설에 저장하는 시나리오다. 포화시점이전에 부지 외 중간저장시설의 운영가능 여부가 관건이다.

- 임시(기) → 중간(혼합분) → 영구처분

각 원전의 포화시점까지의 발생량은 각 원전 내의 관계시설에 저장하고, 각 원전의 포화시점 이후의 발생량은 영구처분장이 건설·운영될 때까지 원전부지 내 및 원전부지 외 중간저장시설에 저장하는 시나리오다. 분산식 중간저장시설의 개수는 원전부지 내/외 모두 복수일 수도 있으며 단수일수도 있으나, 반드시 1개 이상의 원전부지 내 및 부지 외 중간저장시설을 건설하는 것을 전제하였다.

- 임시(기) → 중간(원내집) → 영구처분

각 원전의 포화시점까지의 발생량은 각 원전 내의 관계시설에 저장하고, 각 원전의 포화시점 이후의 발생량은 영구처분장이 건설·운영될 때까지 원전부지 내 집중식 중간저장시설에 저장하는 시나리오다. 포화시점 이전에 원전 내 집중저장시설의 운영가능 여부 및 영구처분장 운영시점까지 발생된 사용후핵연료를 한 개의 원전부지 내에 모두 저장할 공간이 있는지가 관건이다.

- 임시(기) → 중간(원외집) → 영구처분

각 원전의 포화시점까지의 발생량은 각 원전 내의 관계시설에 저장하고, 각 원전의 포화시점 이후의 발생량은 영구처분장이 건설·운영될 때까지 원전부지 외 집중식 중간저장시설에 저장하는 시나리오다. 포화시점 이전에 부지 외 집중식 중간저장시설의 운영가능 여부가 관건이다.

- 임시(추)⁹⁾ → 영구처분

영구처분 시설의 운영 전까지 포화시점 이후 발생된 사용후핵연료를 원전 부지 내 저장시설을 추가 건설하여 저장하는 시나리오이다. 이는 영구처분 시설의 운영 전까지 원전부지 내 추가 저장시설의 설치가 가능한가가 관건이다.

9) 원전 내의 추가 저장시설은 개념적으로 모든 원전지역 또는 1곳에 집중하여 건설하는 것이 가능하며, 두 경우를 모두 가정하였음.

- 임시(추) → 중간(원內분) → 영구처분

포화시점 이후 발생된 사용후핵연료를 영구처분 시설 운영 전까지 원전 內에 임시저장시설을 추가로 건설하여 저장하고, 이 후 원전 내 복수의 분산식 중간 저장시설에서 저장하는 시나리오이다. 원전 內 임시저장시설의 추가건설은 포화되는 원전부터 순차적으로 건설될 수 있으며, 원전 내 중간저장시설은 추가된 임시저장시설을 중간저장시설로 전환하거나, 복수의 원전 부지 내에 신규로 건설 될 수도 있다.

- 임시(추) → 중간(원外분) → 영구처분

포화시점 이후 발생된 사용후핵연료를 영구처분 시설 운영 전까지 원전 內에 임시저장시설을 추가로 건설하여 저장하고, 이 후 원전부지 外 복수의 분산식 중간저장시설에서 저장하는 시나리오이다. 포화시점까지 임시저장시설의 추가건설 여부와 연장된 임시저장 기간 내에 복수의 부지 外 중간저장시설을 운영할 수 있는지가 관건이다.

- 임시(추) → 중간(혼합분) → 영구처분

포화시점 이후 발생된 사용후핵연료를 영구처분 시설 운영 전까지 원전 內에 임시저장시설을 추가로 건설하여 저장하고, 이 후 원전부지 內 및 부지 外 중간 저장시설을 확보하여 저장하는 시나리오이다. 원전 內 임시저장시설의 추가건설은 포화되는 원전부터 순차적으로 건설될 수 있으며, 원전 내 중간 저장시설은 추가된 임시저장시설을 중간저장시설로 전환하거나, 원전부지 내에 신규로 건설 될 수도 있다. 포화시점까지 임시저장시설의 추가건설 여부와 연장된 임시저장 기간 내에 중간저장시설(원전부지 內 및 外)을 운영할 수 있는지가 관건이다.

- 임시(추) → 중간(원內집) → 영구처분

포화시점 이후 발생된 사용후핵연료를 영구처분시설 운영 전까지 원전 內에 임시저장시설을 추가로 건설하여 저장하고, 이 후 원전부지 內 집중식 중간 저장 시설을 확보하여 저장하는 시나리오이다. 원전 內 임시저장시설의 추가건설은 포화되는 원전부터 순차적으로 건설될 수 있으며, 원전 내 집중식 중간저장 시설은 추가된 임시저장시설을 중간저장시설로 전환하거나, 원전부지 내에 신규로 건설 될 수도 있다.

- 임시(추) → 중간(원외집) → 영구처분

포화시점 이후 발생된 사용후핵연료를 영구처분시설 운영 전까지 원전 內에 임시저장시설을 추가로 건설하여 저장하고, 이 후 원전부지 外 집중식 중간저장시설을 확보하여 저장하는 시나리오이다. 원전 內 임시저장시설의 추가건설은 포화되는 원전부터 순차적으로 건설될 수 있으며, 연장된 임시저장기간 동안 부지 외 집중식 중간저장시설을 확보할 수 있는지가 관건이다.

다. 사용후핵연료 수송 및 건식저장 방안 제시

원전에서 임시저장시설의 용량을 고려할 때 고리 원전은 2016년, 한빛은 2019년, 한울은 2012년, 신월성은 2022년부터 포화될 것으로 예상되었으나 동일 부지에서 여유가 있는 습식저장시설로 옮겨 보관하는 호기 간 이동, 조밀저장대 설치 등의 대안을 활용할 경우 고리와 한빛은 2024년, 한울은 2037년, 신월성은 2038년까지 포화 예상시점을 연장할 수 있을 것으로 추정된다. 중수로인 월성 원전의 경우 소내 습식저장조에 6년 이상 저장하여 붕괴열을 감소시킨 후 소내 건식저장시설에 옮겨 저장하고 있으며 이의 포화 예상시점은 2019년으로 추정된다.

각 원전에서 사용후핵연료 임시저장시설의 포화 시점이 다가옴에 따라 추가 저장시설이 확보되지 않을 경우 2024년 이후 원전의 지속적인 운영이 어려울 것으로 예상된다. 이 에 정부는 2016년 7월 ‘고준위방사성폐기물 관리 기본 계획’을 확정하였으며 사용후핵연료의 안전한 관리를 위하여 과학적인 부지 조사와 민주적 방식에 의한 부지선정과 동일부지 내 중간저장시설 및 영구처분시설의 적기 확보를 추진할 예정이다. 그러나 ‘고준위방사성폐기물 관리 기본계획’에 따르면 사업 시작 후 부지확보 12년 중간저장시설 건설 7년으로 제시함에 따라 2016년 사업을 시작되었다고 가정하였을 경우에도 사용후핵연료의 중간저장시설 운영은 2035년 시작하는 것으로 예상된다. 따라서 2024년부터 습식저장시설이 포화되는 원전은 사용후핵연료를 중간저장시설로 이동시키기 전에 임시로 저장할 수 있는 단기저장시설의 확보는 불가피하다. 따라서 사용후핵연료의 소내 단기저장을 건식저장 방식으로 하는 경우 수송

및 건식저장 방안에 대해 검토하였다.

◎ 건식저장 시스템 현황

국내의 경우 중수로 사용후핵연료에 대해 사일로 및 MAXTOR 방식으로 건식 저장하고 있지만 미국, 독일 등은 경수로 사용후핵연료를 건식저장하고 있다. 대표적인 건식저장 사례로 미국과 독일의 경우를 제시하였다.

- 독일의 사용후핵연료 건식저장 시스템

독일은 중간저장시설로 저장건물, 저장터널, 옥외저장 방식을 활용한다. 저장건물 방식에는 STEAG 개념과 WTI 개념을 개발하였다.

- STEAG 개념: STEAG encotec GmbH에서 설계한 저장 홀로 대략 1.2 m 두께의 벽과 대략 1.3 m의 지붕 두께를 가진 두꺼운 콘크리트 구조물로 단일 홀로 건축

- WTI 개념: Wissenschaftlich-Technische Ingenieurberatung GmbH에서 설계된 저장 홀로 대략 0.7 m 또는 0.85 m 두께의 벽과 55 cm의 지붕 두께를 가지는 콘크리트 구조물로 벽으로 구분된 2개의 홀로 건축

WTI 개념은 대략 15년 동안 시설을 안전하게 운영할 수 있다고 주장하고 있으며, STEAG 개념은 항공기 충돌과 같은 사건에서도 시설의 안전성을 강조하고 있다. 최근 저장용기의 설계기준이 이를 반영하고 있지만 다중 방호 원리에 입각한 추가 방벽으로 구조물이 역할을 하고 있는 것으로 볼 수 있다.

저장터널 방식은 Neckarwestheim에서 지하에 콘크리트 구조물 건설된 2개의 터널을 이용하여 저장하는 방식으로 부지 고유의 조건에 의해 설계되었다. 지하에 건설함으로써 환경에 대한 방사선 피폭의 증가가 없다는 장점을 가진

다. 그림 7은 이 방식의 저장시설을 나타낸다.

Neckarwestheim에서는 CASTOR 또는 TN 저장 캐스크를 이용하여 소내에 지정된 장소에서 사용후핵연료를 중간저장한다. 저장 캐스크는 콘크리트 슬래에 수평으로 위치시킨다. 감마선과 중성자 방사선을 차폐하고 기상조건에 대한 방호역할을 하도록 수평으로 위치한 저장 캐스크를 콘크리트 구조물로 덮어둔다. 중간저장시설은 40년 정도 소내에 사용후핵연료를 저장할 목적으로 건설되기 때문에 12에서 28개의 저장 캐스크를 활용한다. 이 개념은 상대적으로 많은 공간이 필요하기 때문에 저장 캐스크가 적을 경우에 적합하지만 건설기간이 짧은 장점이 있는 것으로 알려져 있다.

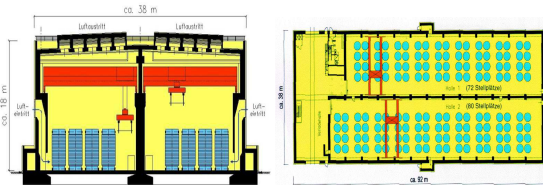


그림 12 WTI 방식의 건식저장시설

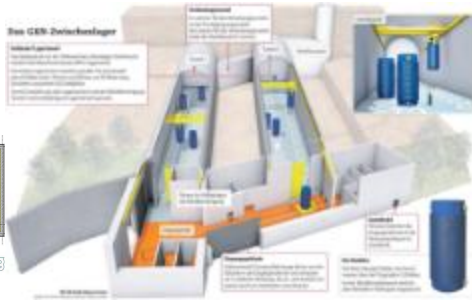
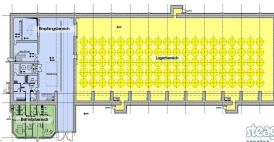
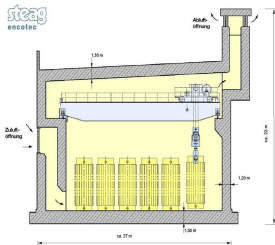


그림 13 STEAG 방식의 건식저장시설

그림 14 터널 방식 건식저장시설



그림 15 옥외 건식저장시설

◎ 미국의 건식저장시스템

상업용 원자로에서 발생된 사용후핵연료의 약 74%는 습식저장시설에 저장 중이고 나머지 약 26% 정도는 52개 원전부지에서 수평모듈방식, 콘크리트용기방식, 금속용기방식 등의 건식저장시설에 저장 중이며 그림 9에 나타낸 바와 같다. 건식저장 기술개발은 민간 주도로 이루어지고 있으며 설계기술 최적화, 소재 개발 및 제조기법 개발 등을 통해 건식 저장용기의 경량화 및 대용량화가 이루어지고 있다.

미국에서는 개별 발전사업자가 경제성 및 편의성을 위주로 발전소 부지에 사용후핵연료 건식저장시설을 건설한 결과, 콘크리트 모듈, 콘크리트 저장용기, 금속겸용용기 등 다양한 형태와 용량의 저장시스템을 혼용되고 있다. 상용화된 대부분의 건식저장 시설은 ‘용접된 밀폐용기(캐니스터)’를 사용하는 저장시스템으로 현재 미국의 관련규정에 따르면 미국 정부(DOE)는 ‘핵연료 집합체’만 인수할 수 있어 개봉·재포장이 불가피한 실정이다. 이를 해결하기 위한 대책의 하나로, 처분연계성을 고려한 표준화 캐니스터(Standardized Transportation, Aging, and Disposal, STAD)가 연구되고 있으나, 현장 적용에는 아직 한계가 많은 것으로 알려져 있다. 또한, 미국 규제기관(NRC)은 발전사업자 별로 사용 중인 여러 타입의 ‘캐니스터’를 정부 시설로 반입을 허용하기 위하여 관리지침을 개정 중이다.



그림 16 미국의 원전 부지에서 운영 중인 건식저장시설

◎ 건식저장시스템의 비교

미국과 독일의 사용후핵연료 건식저장 사례에서 보듯이 사업자의 선호와 부지의 특성에 따라 다양한 건식저장시스템이 활용되고 있다. IAEA 보고서에 따르면 건식저장시스템은 다양하지만 표 9에 나타난 바와 같이 크게 7가지로 구분할 수 있으며 건식저장시설의 운영경험으로부터 각 시스템의 장단점을 비교하였다.

국내 원전은 중수로와 2가지 유형의 경수로가 운전 중이다. 경수로에서 발생한 사용후핵연료에 대해 소내 건식저장을 고려한다면 사용후핵연료 유형에 따라 나타나는 건식저장 개념의 단점은 배제할 수 있다. 또한 ‘고준위폐기물 관리 기본계획’에서 중앙집중식 중간저장시설을 계획하고 있으므로 소내 건식저장은 원전이 운영되는 동안 단기저장을 목표로 하므로 확정된 시설 용량에 맞춰 고연소 핵연료를 저장할 수 있는 방안을 고려한다면 콘크리트 캐스크를 활용하는 방안은 적합하지 않을 수 있다. 또한 소내 단기저장 후에 중간저장 시설로 사용후핵연료를 이동시켜야 하므로 처분 겸용 금속 저장용기도 비용과 영구처분 방안이 확정되지 않은 상태에서 고려하기는 어려울 것으로 보인다. 따라서 건식저장시스템의 유형으로 다목적 캐니스터를 활용하는 방안을 모색할 필요가 있을 것이다.

제3장 결론

에너지전환은 기존의 화석연료 위주의 에너지로부터 벗어나 보다 다양한 에너지원을 활용하고, 기후변화대책으로 탄소배출을 줄이자는 데서 출발한다. 따라서 바람직한 에너지전환의 방향은 탈원전이 아닌 “저탄소 배출 에너지원의 확대”가 되어야 하며, 그런 차원에서 신재생에너지의 확대는 바람직한 방향이지만, 탈원전은 제고되어야 한다. 신재생에너지의 기술적, 공간적 결함을 보완하기 위해서도 기저부하를 담당할 대규모 발전시설은 필수적이며, 그 대안은 가스 발전 또는 원전이 될 수밖에 없다. 그러나 우리나라의 경우 가스발전은 전량 수입에 의존하여야 하는 관계로 가격이 높고, 에너지안보에 취약하며, 초미세먼지나 이산화탄소 배출로 적합한 대안으로 보기 힘들다. 따라서 경제성과 친환경성, 에너지안보와 기후변화협약의 준수 등 여러 측면을 고려할 때 현실적으로 원전의 고도화된 안전성 확보를 전제로 한 원자력에너지는 지속되어야 하며, 그 비중이 조정되어야 한다. 에너지전환의 성공적인 실현은 에너지원의 다양한 믹스를 통한 에너지 이용 합리화와 친환경성에 있고, 안전성 강화와 함께 경제성을 확보하기 위한 기술적 노력에 있다고 할 수 있다.

경북은 우선 경주를 중심으로 원전해체기술연구시설 설립을 주도하고, 안전기술 중심의 신규 원자력연구 단지를 조성하여야 한다. 또 지역대학 뿐 아니라 국내 유수의 원자력관련 대학들, 연구기관과의 네트워크를 통해 시너지를 창출하고, 원자력산업체와 우수 인력들이 유입되고, 모여, 함께 소통하고, 정보를 나눌 수 있는 문화와 환경을 조성하도록 노력하여야 한다. 또한 지역에 있는 원자력 관련 기업들을 중심으로 원자력산업협의체를 구성하여, 기업·기관·대학·지역이 협업하며 상생 발전할 수 있는 원자력산업 플랫폼 구축을 선도하여야 한다.

또한 울진과 영덕의 신규 원전 건설의 경제적 효과와 필요성을 정부에 지속적으로 설명, 건설을 건의하고, 탈원전 정책이 국민경제에 미치는 부정적 영향과 에너지 안보차원에서 원전의 필요성과 원자력 기술의 유지와 발전 필요성을 설득할 필요가 있다. 이와 더불어 원전건설 취소에 따른 보상 마련과 중단기적 경제적인 손

실을 보전 할 법적·제도적 방안을 요구하여야 한다.

무엇보다 기업과 기관 및 주민들이 공동으로 참여하고 협업 할 수 있는 원자력사업 플랫폼을 구축하고, 지역차원에서 원자력 관련 다양한 이슈들에 대한 해결 방안을 함께 모색하고, 원전으로 인한 지역주민의 혜택 확대와 다양한 원전 지역 지원 사업 아이디어를 개발함으로써 목표하는 원자력사업을 원활하게 추진 하여, 마침내 세계적인 원자력클러스터를 완성할 수 있도록 하여야 한다.

영광의 경우는 동해안지역(대구·경북)의 원전산업에 대한 기대와 관심에 비하여 상대적으로 운영 중인 원자력 발전의 안전 운영 등 현상유지 정도의 관심만 있는 것으로 보이고 장기적으로 원전산업과 지역발전과 연계한 장기적인 발전방안 등이 현재까지는 계획되어 있지 않다. 지금부터라도 한빛원전 1,2호기 폐로를 대비하여 지역경제를 활성화할 수 있는 대안사업을 개발할 수 있도록 이해관계자 (한수원, 영광군, 전라남도, 중앙정부, 시민단체 등)의 다각적인 노력이 요구되며, 지난 정부('2015년6월)에서 결정했다가 전면 재검토하게 된 고준위폐기물(사용후 연료 등)처분에 대한 중앙정부차원의 정책결정에도 적극 참여하여 지역경제 활성화에 대한 대안으로 고려해야할 것으로 판단된다.

사용 후 핵연료 중간관리시설의 확보는 언젠가는 해결 되어야 할 문제이며 지형적으로 국내 원자력 발전소는 동해안과 서해안 모두 분포하고 있다. 이러한 점을 고려하여 사용 후 핵연료 처분장이 선정되어 완성되기까지의 기간 동안, 사용 후 핵연료 중간 저장에 관한 연구 및 실제 저장에 관한 가시적 결과가 필요하다. 따라서 각 지역 산·학·연의 융합을 통한 연구로서 해결방안을 모색하고 이러한 과정에서 전문화된 인력을 확보 할 수 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

1. 김기봉 · 정혜경, “정부의 에너지전환 정책에 따른 전력 분야 R&D 투자 방향”, KISTEP
2. 경상북도/원자력클러스터 포럼(2018), “정부 원전 정책 변화에 따른 경북 원전(중단)지역 사회 · 경제적 피해 분석”
3. 원자력산업(2018), “해외 원자력동향”
4. 최종서(2018.1), “원자력에너지에 대한 패러다임 관점 고찰”, 원자력산업
5. 최광식(2018.7), “에너지 탈집중화(Decentralization)와 원자력”, 원자력 산업
6. Sanghyun Hong · Barry W.Brook, “원전을 가스 발전으로 전환하려는 대한민국의 정책 과연 친환경적이고 경제적인 정책일까?”, 호주Tasmania대학교
7. 정범진(2018.5) “원전 안전성과 과학기술적 이슈”, 원자력산업
8. 이종훈(2018.1) “원전 강국의 역경과 에너지 변환 시대 원전의 역할”, 원자력산업
9. 전호환(2018.5) “4차 산업혁명과 원자력”, 원자력산업
10. 경상북도/원자력클러스터 포럼(2017)
 - 원자력 안전 연구(63~121쪽)
 - 미래를 열어가는 희망을 열자(195~242쪽)
 - 원전산업과 지역발전 경제 영향 평가와 과제(273~281쪽)
 - 경북 원전산업 구조전환을 위한 법/제도 개선(371~372쪽)
11. 정동욱(2018.1) “원자력산업 생태계 유지를 위한 체제 변화 모색 시점”, 원자력산업
12. 산업통상자원부(2017~2031), “제8차 전력수급기본계획”
13. 한국수력원자력, “2016년 원자력발전백서”
14. 한국수력원자력, “2015년 원자력발전백서”

15. 산업통상자원부(2017~2018), “산업통상자원백서 에너지편
16. 에너지경제연구원, “세계 에너지시장 인사이트 제 17-43”
17. 에너지경제연구원(2018.7.27.), “세계 원전시장 인사이트”
18. 에너지경제연구원(2018.7), “에너지 수급동향, 에너지 수급 브리프”
19. 주.네모파트너즈피에프아이(2018.12), “한빛원전 해체(폐로)대비 지역 차원의 대응계획 수립 연구용역 보고서”